

CONEXIÓN ENTRE EL CONSUMO ELÉCTRICO, EL USO ENERGÉTICO  
Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO: EVIDENCIAS A TRAVÉS DE  
DATOS PANEL PARA EUROPA CENTRAL Y LOS BALCANES

*LINK BETWEEN ELECTRICITY CONSUMPTION, ENERGY USE,  
AND ECONOMIC GROWTH: EVIDENCE THROUGH PANEL DATA  
FOR CENTRAL EUROPE AND THE BALKANS*

*Antonio Jesús García-Amate*  
Universidad de Almería  
aga237@inlumine.ual.es

*Alicia Ramírez-Orellana*  
Universidad de Almería  
aramirez@ual.es

Recibido: junio de 2018; aceptado: noviembre de 2018

RESUMEN

La relación y la dirección de causalidad entre variables energéticas y económicas, como el PIB, el ingreso o el empleo, ha sido un tema emergente en los últimos años. El objetivo principal de este trabajo es saber si existe una relación significativa entre el consumo de energía eléctrica, el uso de la energía y el crecimiento económico. La muestra está compuesta por los 11 países que componen Europa Central y Balcanes: Bulgaria, República Checa, Estonia, Croacia, Hungría, Lituania, Polonia, Rumania, República Eslovaca y Eslovenia. Los resultados sugieren que el uso de la energía tiene una relación negativa con el PIB per cápita, mientras que el consumo de energía eléctrica tiene una relación positiva. Los resultados pueden tener implicaciones políticas y sociales importantes. Futuras investigaciones en este campo pueden ser consideradas.

*Palabras clave:* Consumo eléctrico; crecimiento económico; transición energética; datos panel; Europa Central y Los Balcanes.

## ABSTRACT

The relationship and direction of causality between energy consumption and economic variables such as GDP, income or employment have been an emerging topic in recent years. The main objective of this work is to know if there is a committed relationship between the consumption of electric power, the use of energy and economic growth. The sample consists of the 11 countries of Central Europe and Balkans: Bulgaria, Czech Republic, Estonia, Croatia, Hungary, Lithuania, Poland, Romania, Slovak Republic and Slovenia. The results suggest that the consumption of electric power does have a positive relationship with the GDP per capita, while the use of energy has a negative relationship. The results may have relevant political and social implications. Future research in this field could be considered.

*Keywords:* Electricity consumption, economic growth, energy transition, panel data, Central Europe and the Balkans.

*Clasificación JEL:* O13, P28, Q43.



## 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La energía juega un papel fundamental en la sociedad. La preocupación por el medio ambiente y por las emisiones de CO<sub>2</sub> ha hecho que la relevancia por el consumo de energía y el uso de ésta aumente. El consumo de energía es un tema central en la literatura. La relación entre el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> ha sido estudiada por multitud de autores. En los países recientemente industrializados, se ha demostrado que un mayor consumo de energía hace que aumenten las emisiones de CO<sub>2</sub>. Con ello se demuestra que el medio ambiente se ve afectado (Sharif Hossain, 2011: 6991-6999). A través de la comparativa entre diferentes tipos de países observamos como las variables se comportan de forma diferente. Por ejemplo, en un estudio realizado para países desarrollados y en desarrollo, se afirma que las emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de uso energético es mayor en estos últimos. Debemos tener en cuenta que el consumo de energía y la eficiencia energética es menor en los países en desarrollo que en los países desarrollados (Niu, Ding, Niu, Li, & Luo, 2011: 2121-2131). Es más, se ha demostrado una relación bidireccional entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de energía. Por lo tanto, el aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> es causa del crecimiento en el consumo de energía y viceversa (Wang, Zhou, Zhou, & Wang, 2011: 4870-4875). Por otro lado, otros autores sugieren que la relación es únicamente unidireccional, siendo el crecimiento económico y el consumo de energía causas del aumento de emisiones de CO<sub>2</sub>. Incluso, en algunos casos, no existe relación causal entre el crecimiento económico y las emisiones de CO<sub>2</sub> (Ozcan, 2013: 1138-1147).

Con el aumento de esta preocupación, se ha venido desarrollando la investigación en energía renovable, y su implicación en el ámbito económico. Un estudio para los 20 países que conforman la OCDE, demuestra que hay una relación bidireccional entre el consumo de energía renovable y el crecimiento económico (Apergis & Payne, 2010: 656-660). En línea con esta investigación (Ito, 2017: 1-6), a través de un estudio integrado por 42 países, justificó que el consumo de energía renovable contribuye al crecimiento económico. Esta relación positiva entre el consumo de energía renovable y el crecimiento económico en los países nos lleva a considerar este asunto desde el punto de vista de la política. Los poderes públicos podrían promover iniciativas de cara al aumento del consumo de energía limpia (Inglesi-Lotz, 2015: 58-63). El consumo de fuentes de energía renovable como la biomasa, causa una relación positiva sobre el crecimiento de los países. Un estudio con datos de panel sobre los países pertenecientes al G7 confirma esta relación (Bilgili & Ozturk, 2015: 132-138).

Nuestro marco de trabajo se focaliza en el estudio de la relación entre el consumo eléctrico, el uso energético y el crecimiento económico. El consumo de energía eléctrica es un aspecto muy tratado en la literatura, mientras que el uso energético no lo es en la misma medida. No se ha encontrado literatura que reporte información sobre la posible relación que haya entre el uso energético y el crecimiento económico. A través de esta relación podemos saber si la eficiencia energética de un país afecta a su riqueza económica. Este es el *gap* en la investigación que nos proponemos cubrir. Hasta ahora, el estudio se ha centrado principalmente en la causalidad de esta relación en el corto y en el largo plazo. Hay estudios en los cuales la relación es bidireccional para el caso de un grupo de países a corto y largo plazo, pero para otros solo hay relación en el corto plazo (Mahadevan & Asafu-Adjaye, 2007: 2481-2490). Otros, en cambio, soportan que hay una relación únicamente unidireccional, en la que el consumo eléctrico explica el comportamiento del crecimiento económico. Es decir, un aumento en el consumo hace que se produzca un aumento en el crecimiento económico (Streimikiene & Kasperowicz, 2016: 1545-1549). Un trabajo de gran interés en cuanto a la muestra seleccionada es el realizado por Wolde-Rufael, (2014: 325-330). Tomando como muestra países en transición energética, prueba que para algunos países la relación unidireccional o bidireccional entre el consumo eléctrico y el crecimiento económico no existe.

Nuestro objetivo principal es conocer si el consumo eléctrico y el uso de la energía tienen relación significativa con el crecimiento económico y, conocer qué tipo de relación presentan (relación directa o indirecta). En cuanto a la metodología, la muestra está compuesta por 11 países pertenecientes a Europa Central y Los Balcanes, considerados como países en transición energética (Wolde-Rufael, 2014: 325-330). Los países son: Bulgaria, República Checa, Estonia, Croacia, Hungría, Lituania, Polonia, Rumanía, República Eslovaca y Eslovenia. Planteamos una relación de dependencia entre el crecimiento económico (variable dependiente), el consumo eléctrico y el uso energético (variables independientes). El uso energético, medido en kilogramos equivalentes de petróleo per cápita, es una variable que no se introduce de manera generalizada en los modelos que estudian la relación entre variables energéticas y económicas. Se han llevado a cabo tres tipos de regresiones múltiples (regresión múltiple por mínimos cuadrados ordinarios, regresión múltiple por efectos aleatorios y regresión múltiple por efectos fijos). Para analizar la fiabilidad del modelo se realizaron tres pruebas de robustez (prueba de Breusch y Pagan, prueba de Wald y prueba de Hausman). Los resultados demuestran cómo ambas variables independientes tienen una relación significativa con el crecimiento económico medido por el PIB per cápita. No obstante, mientras que el consumo de energía eléctrica tiene una relación directa con el crecimiento económico, el uso energético tiene una relación indirecta. Estos resultados tienen una alta implicación de cara a políticas energéticas que se podrían llevar a cabo en los países de la muestra.

La estructura del artículo es la siguiente: En primer lugar, establecemos los objetivos e hipótesis del trabajo. Tras plantear las bases del artículo, procedemos al estudio de la base de datos y la metodología empleada en el apartado

tres. El cuarto apartado se destina a reportar los resultados. A continuación, mostramos las implicaciones más importantes del análisis de los resultados. Para finalizar, concluimos nuestro análisis en el apartado sexto.

## 2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Como venimos comentando, el objetivo propuesto es conocer si la relación entre la variable dependiente y las variables independientes es estadísticamente significativa. Tratamos de conocer, por tanto, la implicación que puede llegar a tener el consumo eléctrico y el uso energético sobre el crecimiento económico de los países, medido por el PIB per cápita.

En relación con este objetivo principal, se consideraron diferentes objetivos específicos: 1) En caso de que la relación sea significativa, conoceremos qué tipo de relación hay entre las variables independientes y la variable dependiente. Es decir, si es una relación directa (positiva) o inversa (negativa); 2) A través de las pruebas de robustez extraer cuál de las tres regresiones es estadísticamente más fiable; y, 3) Finalmente, recomendar qué tipo de políticas energéticas se pueden considerar, basándonos en los resultados extraídos.

Las hipótesis planteadas para este análisis guardan estrecha relación con los objetivos planteados. Las hipótesis son las siguientes:

*H<sub>1</sub>: El crecimiento económico de los países se explica por el consumo eléctrico y el uso energético. Presentan una relación significativa.*

Como se observa en la literatura, la relación que planteamos en este artículo guarda una relación causal, unidireccional en unas ocasiones, bidireccional en otras. Por lo que el crecimiento económico sí puede ser explicado por el uso energético y el consumo eléctrico (Apergis & Payne, 2010: 656-660; Lee & Chang, 2008: 50-65).

*H<sub>2</sub>: El uso energético afecta de forma negativa sobre el crecimiento económico.*

El uso energético, no se comporta de la misma forma en la que lo hace el consumo energético. Mientras que el consumo energético alienta el crecimiento económico, el uso energético tiende a aminorar el crecimiento económico (Chang, Chu, & Chen, 2013: 282-287).

*H<sub>3</sub>: El consumo de energía eléctrica afecta de forma directa sobre el crecimiento económico.*

Como hemos podido comprobar en el apartado de antecedentes, la mayor parte de la literatura estudiada soporta que existe una relación bidireccional entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico. (Apergis & Payne, 2010: 1421-1426; C. C. Lee, 2005: 415-427; Narayan & Smyth, 2008: 2331-2341).

*H<sub>4</sub>: Los coeficientes del modelo siguen una diferencia no sistemática durante el periodo de tiempo estudiado. El tipo de regresión más consistente es la regresión múltiple por efectos aleatorios.*

*H<sub>5</sub>: El comportamiento de un país, afecta al comportamiento de los países restantes.*

### 3. BASE DE DATOS Y METODOLOGÍA

#### 3.1. BASE DE DATOS Y MUESTRA

La base de datos utilizada para el análisis ha sido extraída de la página web oficial del Banco Mundial ([www.databank.worldbank.org](http://www.databank.worldbank.org)). La base de datos se llama “*World Development Indicators*”, considerada por el Banco Mundial como la colección principal de indicadores de desarrollo. Está desarrollada por fuentes de información mundialmente reconocidas. Presenta datos a nivel nacional, regional e internacional. Esta base de datos ha sido utilizada por artículos anteriores (Kais & Sami, 2016: 1101-1110).

Para el presente estudio hemos seleccionado 11 países pertenecientes a Europa Central y Los Balcanes. Los países son los siguientes: Bulgaria, República Checa, Estonia, Croacia, Hungría, Lituania, Polonia, Rumania, República Eslovaca y Eslovenia. Estos países han sido seleccionados ya que se consideran países en transición energética, por lo que es interesante la relación entre el consumo eléctrico y el uso energético (Acaravci & Ozturk, 2010: 604-608). El periodo de estudio abarca desde 1989 hasta 2014.

#### 3.2. METODOLOGÍA

La muestra está formada por 11 países pertenecientes a Europa Central y Los Balcanes y se estudia durante un periodo de 25 años (1989-2014). Para trabajar con datos de forma longitudinal, hemos escogido la técnica de datos de panel, a través del software STATA (Baltagi, 2008: 351). El panel de datos es una técnica muy utilizada en los estudios de economía energética (Huang, Hwang, & Yang, 2008: 41-54; Wang, Zhou, Zhou, & Wang, 2011: 4870-4875). Aunque adolece de limitaciones, como puede ser el uso de las técnicas de co-integración (Westerlund, Thuraishamy, & Sharma, 2015: 359-363).

Como variable a explicar (dependiente) hemos escogido el Producto Interior Bruto per cápita, medido en dólares constantes del año 2010 (Huang et al., 2008: 41-54). Respecto a las variables independientes, hemos escogido el consumo de energía eléctrica medido en kilovatios por hora per cápita (kWh) y el uso energético medido en kilogramos de petróleo equivalente per cápita (Kais & Sami, 2016: 1101-1110).

Desde el punto de vista estadístico existen varios tipos de regresiones. Para el presente estudio se han llevado a cabo tres tipos de regresiones: regresión múltiple por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), regresión múltiple por efectos aleatorios y regresión múltiple por efectos fijos. A través de diferentes pruebas de robustez, obtenemos el tipo de regresión más fiable a efectos estadísticos.

El modelo, por lo tanto, relaciona el consumo de energía eléctrica y el uso de energía con el PIB per cápita, considerada como variable a explicar. El modelo econométrico se ha estimado de la siguiente forma:

$$PIBPCR_{it} = \alpha_i + \beta_{1i} \cdot UE_{it} + \beta_{2i} \cdot CE_{it} + u_{it} \tag{1}$$

para:  $i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T$

donde  $PIBPCR_{it}$  es el Producto Interior Bruto Per Cápita,  $i$  representa el número de países,  $t$  es el número de años y  $\alpha_i$  y  $\beta_{1i}$  son el coeficiente independiente y los coeficientes de cada variable independiente.  $UE_{it}$  es el uso energético medido en kilogramos de petróleo equivalente y  $CE_{it}$  es el consumo de energía eléctrica medida en kilovatios por hora per cápita (kWh).

Para comparar la regresión por MCO con la regresión por efectos aleatorios, utilizamos la prueba LM (Breusch & Pagan, 1980: 239-253). La hipótesis nula es la ausencia de correlación entre los residuos de la muestra  $H_0: cov(U_{it}, U_{jt})$  para todo  $t$  e  $i \neq j$ , mientras que la hipótesis alternativa es la dependencia de la muestra sobre la covarianza  $H_1: cov(U_{it}, U_{jt}) \neq 0$ , para al menos un par  $i \neq j$ :

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \cdot \sum_{j=i+1}^N \hat{p}_{ij}^2 \tag{2}$$

donde  $\hat{p}_{ij}^2$  es la estimación por pares de los residuos de la Ecuación 1 para cada  $i$ . Bajo la hipótesis nula, el estadístico LM tiene una chi-cuadrado asintótica con  $\frac{N(N-1)}{2}$  grados de libertad.

Tras comparar la regresión de MCO con la regresión por efectos aleatorios, pasamos a relacionar aquella con la regresión por efectos fijos. Seguimos teniendo como base la Ecuación 1. Para comparar la regresión por efectos fijos, empleamos el estadístico modificado de Wald. Para este estadístico asumimos la hipótesis nula de homocedasticidad  $H_0: \sigma_i^2 = \sigma^2$  para todo  $i$ , mientras que la hipótesis alternativa defiende que  $H_1: \sigma_i^2 \neq \sigma^2$  para todo  $i$ . Para comprobar la hipótesis alternativa, aplicamos el estadístico modificado de Wald (Greene, 2000: 1189):

$$W = \hat{\theta}' I(\theta) \hat{\theta} \tag{3}$$

donde  $I(\mathbf{y} = \boldsymbol{\theta})$  es la probabilidad para  $\boldsymbol{\theta}$  y para  $\hat{\boldsymbol{\theta}}$ , el valor de  $\boldsymbol{\theta}$  que maximiza  $I(\mathbf{y} = \boldsymbol{\theta})$ . El rol que juega  $I(\boldsymbol{\theta})$  en esta prueba estadística es calibrar el valor de  $\boldsymbol{\theta}$  dentro de la hipótesis nula.

Finalmente, a través de la prueba de Hausman, comparamos la bondad de la regresión múltiple por efectos fijos y la regresión múltiple por efectos aleatorios. Para comprobar la prueba de Hausman (Hausman, 1978: 1251-1271), la hipótesis nula es la diferencia de los coeficientes no sistemática. Por el contrario, la hipótesis alternativa defiende que la diferencia de coeficientes es sistemática:

$$H = (\beta_c - \beta_e)' (V_c - V_e)^{-1} \cdot (\beta_c - \beta_e) \tag{4}$$

donde

$\beta_c$  es el coeficiente del estimador consistente (efectos fijos)  
 $\beta_e$  es el coeficiente del estimador eficiente (efectos aleatorios)

$V_c$  es la matriz de covarianza del estimador consistente (efectos fijos)  
 $V_e$  es la matriz de covarianza del estimador eficiente (efectos aleatorios)

#### 4. RESULTADOS

Uno de nuestros objetivos en este trabajo es conocer cuál de los tres modelos de regresión utilizados (MCO, regresión por efectos fijos y regresión por efectos aleatorios) es el más consistente desde el punto de vista estadístico.

Primeramente, se llevó a cabo la prueba LM de Breusch y Pagan (Breusch & Pagan, 1980: 239-253). Los resultados extraídos se presentan en la Tabla 1. La hipótesis nula es la ausencia de correlación entre los residuos de la muestra. Para aceptar la hipótesis nula, el nivel de significación tiene que ser mayor o igual a 0,05. En los resultados de la prueba LM, el nivel de significación es menor a 0,05 (0,00). Rechazamos la hipótesis nula. Por lo tanto, los residuos de la muestra están correlacionados, existe dependencia transversal. La regresión por MCO queda descartada.

TABLA 1: PRUEBA LM DE BREUSCH Y PAGAN PARA EFECTOS ALEATORIOS

	<i>Var</i>	<i>sd = sqrt (Var)</i>
<i>gdppercapita</i>	2.44e+07	4934.918
<i>e</i>	1615264	1270.93
<i>u</i>	9202461	3033.586
<i>Test: Var(u) = 0</i>	Chibar2 (01) = 1838.12	
	Prob > chibar2 = 0.0000	

Fuente: Elaboración propia.

Pasamos a analizar la homocedasticidad del modelo a través del estadístico modificado de Wald. Para ello comparamos la varianza de los errores de la regresión por MCO y la regresión por efectos fijos. La hipótesis nula soporta la presencia de homocedasticidad (cuando las varianzas del error condicional a las variables explicativas son constantes a lo largo de las observaciones). Mientras que la hipótesis alternativa considera que estamos en presencia de heterocedasticidad (las varianzas de los errores no son constantes a lo largo de las observaciones). Como se puede observar en la Tabla 2, el modelo presenta problemas de heterocedasticidad. Chi-cuadrado presenta un nivel de significación de  $0.000 < 0.05$ . El problema de heterocedasticidad se puede deber a que trabajamos con variables transversales (variables energéticas y económicas). Es decir, no tienen una alta relación entre sí, por lo que la varianza de sus errores difiere. También puede deberse a que se trabaja con series temporales. Tras el problema de heterocedasticidad, se rechaza la regresión múltiple por efectos fijos.



TABLA 2: PRUEBA DE WALD

<i>Chi2 (11)</i>	386.14
<i>Prob &gt; chi2</i>	0.0000***

Nota: Indica significatividad al nivel 0,05.  
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, a través de la prueba de Hausman, conocemos si el modelo está afectado por la serie temporal. La hipótesis nula defiende que la diferencia en los coeficientes no es sistemática. La Tabla 3 presenta los valores extraídos tras el cálculo de la prueba de Hausman. Observamos como el chi-cuadrado presenta un nivel de significación de  $0,1962 > 0,05$ . Afirmamos por tanto que la diferencia de coeficientes no es sistemática. Por lo tanto, si no existen diferencias o sesgo significativo nos quedamos con la regresión por efectos aleatorios.

TABLA 3: PRUEBA DE HAUSMAN

	<i>Coefficients</i>			<i>Sqrt diag (V<sub>c</sub> - β<sub>c</sub> - V<sub>e</sub> - β<sub>e</sub>)</i>
	<i>(β<sub>c</sub>)</i>	<i>(β<sub>e</sub>)</i>	<i>(β<sub>c</sub> - β<sub>e</sub>)</i>	
	<i>fe</i>	<i>re</i>	<i>Difference</i>	<i>S.E.</i>
<i>energyuse</i>	-4.004339	-4.08788	.0835408	.1140388
<i>Electricpower</i>	5.81035	5.769414	.0409363	.0238434
				3.26
<i>Prob &gt; chi<sup>2</sup> (2) = (β<sub>c</sub> - β<sub>e</sub>)<sup>⊤</sup> (V<sub>c</sub> - V<sub>e</sub>)<sup>-1</sup> · (β<sub>c</sub> - β<sub>e</sub>)</i>				0.1962***

Nota: Indica significatividad al nivel 0,05.  
Fuente: Elaboración propia.

Una vez examinado los resultados de las diferentes pruebas, la regresión más consistente desde el punto de vista estadístico es la regresión múltiple por efectos aleatorios. En la Tabla 4 podemos observar los resultados extraídos del análisis.

En primer término, nos fijamos en el nivel de significación de las variables explicativas. Ambas variables, el uso energético y el consumo de energía eléctrica, son significativas en el modelo. Tienen relación con el crecimiento económico medido por el PIB per cápita. El p-valor es de  $0,000 < 0,05$ .

Por otro lado, observamos que el R-cuadrado nos reporta un resultado satisfactorio. El 61,26% de la varianza del PIB per capita se explica por el uso energético y el consumo de energía eléctrica.

Finalmente, otro de los resultados relevantes mostrados en la Tabla 4 son los coeficientes de correlación que presentan las variables independientes. El uso energético tiene un coeficiente de correlación de -4.08788, es decir, tiene una relación inversa con el crecimiento económico. Mientras que el consumo

de energía eléctrica, con un valor en el coeficiente de 5.769414, tiene una relación positiva con el PIB per cápita. Estos resultados son de gran implicación política, lo cual será estudiado en el apartado de Discusión de los Resultados Empíricos Obtenidos.

TABLA 4: REGRESIÓN MÚLTIPLE POR EFECTOS ALEATORIOS

<i>Gdppercapita</i>	<i>Coef.</i>	<i>Std. Err.</i>	<i>z</i>	<i>P&gt; z </i>	[95% <i>Conf. Interval</i> ]
<i>energyuse</i>	-4.08788	.4635289	-8.82	0.000***	-4.99638, -3.17938
<i>electricpower</i>	5.769414	.203481	28.35	0.000***	5.370598, 6.168229
<i>_cons</i>	-846.6044	1394.47	-0.61	0.544***	-3579.716, 1886.507
	3033.5558				
	1270.9304		R-square = 0.6126		
<i>rho</i>	085068357	(fraction of variance due to $u_i$ )			

Nota: \*\*\*Indica significatividad al nivel 0,05.

Fuente: Elaboración propia.

## 5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS EMPÍRICOS OBTENIDOS

La relación entre el consumo energético y el crecimiento económico ha reportado gran cantidad de resultados diferentes. En función de la muestra, y de los análisis que se realicen, las conclusiones pueden ser diferentes. El objetivo principal de este trabajo es conocer si hay relación significativa entre el consumo de energía eléctrica, el uso energético y el crecimiento económico medido y qué tipo de relación existe, directa o inversa. Para ello nos hemos provisto de una serie de estadísticos que nos han permitido seleccionar el modelo de regresión más consistente.

A través de la prueba LM (Breusch & Pagan, 1980: 239-253), sabemos que existe una dependencia transversal en la muestra. Esto sugiere que el comportamiento de un país afecta al comportamiento de los demás países de la misma región geográfica. En tal sentido, aconsejamos tener en cuenta este resultado a la hora de llevar a la práctica medidas en política energética para Europa Central y Los Balcanes.

En cuanto al consumo energético, son países que se encuentran actualmente en transición energética, por lo que todos ellos se regirán por acciones políticas muy similares (Acaravci & Ozturk, 2010b: 604-608). Aceptamos, por tanto, nuestra hipótesis  $H_5$ : *El comportamiento de un país, afecta al comportamiento de los países restantes*. Este efecto transversal es habitual cuando se estudian países de una misma región o continente (Chang, Chu, & Chen, 2013b: 282-287).

La prueba de Wald, rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad en el modelo de efectos fijos. Es decir, las varianzas de error condicional en las variables explicativas son constantes. La homocedasticidad es una de las condiciones indispensables para llevar a cabo una regresión lineal (Cuadros-Rodríguez, Gonzalez-Casado, Garcia-Campana, & Vilchez, 1998: 550-556; Zambom & Kim, 2017: 425-441). La regresión múltiple de efectos fijos se rechaza debido a que no hay homocedasticidad en el modelo.

A través de la prueba de Hausman (Hausman, 1978: 1251-1271), aceptamos la hipótesis planteada al comienzo del artículo, a saber: *Los coeficientes del modelo siguen una diferencia no sistemática durante el periodo de tiempo estudiado. El tipo de regresión más consistente es la regresión múltiple por efectos aleatorios.* Se debe tener en cuenta que el modelo planteado se comporta de forma diferente en el tiempo, siendo esta diferencia no sistemática. Esto nos permite conocer los efectos que han tenido crisis como la guerra del Golfo Pérsico (Hamilton, 2011: 1689-1699), o la crisis financiera del año 2013 (Dellink, Chateau, Lanzi, & Magné, 2017: 200-214).

El uso energético y el consumo de energía eléctrica presentan una relación unidireccional respecto al comportamiento del PIB per cápita. Aceptamos nuestra hipótesis, a saber: *El crecimiento económico de los países se explica por el consumo eléctrico y el uso energético. Presentan una relación significativa.* Artículos relacionados soportan esta relación unidireccional. El nivel de consumo eléctrico, y el uso energético afecta al crecimiento económico de los países (Huang, Hwang, & Yang, 2008: 41-54; C.-C. Lee & Chang, 2008: 50-65; C. C. Lee & Chang, 2007: 1206-1223). Esta relación estadística conlleva fuertes implicaciones políticas, ya que la política energética afecta al crecimiento económico en los países pertenecientes a Europa Central y Los Balcanes.

El uso energético y el consumo de energía eléctrica se comportan de forma diferente. Mientras que el consumo de electricidad tiene una relación positiva con el crecimiento económico, el uso energético presenta una relación negativa. Aceptamos, por tanto, las hipótesis planteadas al inicio de nuestro estudio, a saber: *El consumo de energía eléctrica afecta de forma directa sobre el crecimiento económico; El uso energético afecta de forma negativa sobre el crecimiento económico.*

## 6. CONCLUSIÓN

Hay una creciente literatura que examina las relaciones causales entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico. La mayoría se centran en países desarrollados, o en desarrollo. Por el contrario, nuestro estudio se enfoca en el análisis de los países en transición. Un área que no es tan estudiada por la literatura.

Nuestro objetivo principal es conocer si el consumo eléctrico y el uso energético influyen sobre el crecimiento económico, prestando especial atención

a la relación entre el uso energético y el crecimiento económico, ya que no hemos encontrado literatura que relacione ambas variables. El estudio se ha realizado para once países en transición, pertenecientes a Europa Central y Los Balcanes, a saber: Bulgaria, República Checa, Estonia, Croacia, Hungría, Lituania, Polonia, Rumania, República Eslovaca y Eslovenia. Analizamos el modelo a través de datos de panel para el periodo de estudio que abarca desde el 1989 hasta el 2014.

La aportación más relevante de este trabajo es demostrar la relación negativa que existe entre el uso energético y el crecimiento económico. El crecimiento económico de los países estudiados se ve influenciado por el nivel de eficiencia energética. Este resultado contrasta con lo demostrado por Alí Aali-Bujari, A; Venegas-Martínez, F & Palafoz-Roca, A.O. (2017: 1-8) quienes concluyen que existe una relación directa entre el uso energético y el crecimiento económico para países pertenecientes a la OCDE. Sugerimos que se lleven a cabo políticas energéticas eficientes, a través de una mayor inversión en energías renovables que contribuyan a la mejora del crecimiento económico. A nivel medioambiental, la relación entre uso energético y emisiones de CO<sub>2</sub>, es un aspecto también muy importante. Kais & Sami, (2016: 1101-1110) confirman que el uso energético tiene relación directa con las emisiones de CO<sub>2</sub>. Si el aumento en el uso de energía implica un aumento en las emisiones de CO<sub>2</sub> y una disminución en el PIB per cápita, podemos afirmar que una política energética que contribuya al uso de energía renovable tendrá un impacto positivo en la economía. Se ha estudiado la implicación que tiene la utilización y el consumo de energía renovable, sobre aspectos macroeconómicos. Inglesi-Lotz, (2016: 58-63) sostiene que la relación entre el consumo de energía renovable y el crecimiento económico es positiva y significativa. En los países europeos, uno de los incentivos para la inversión en energía renovable es la disminución en la dependencia de energía convencional, consiguiendo así una mejora en el crecimiento económico (Marques, Fuinhas, & Pires Manso, 2010: 6877-6885). Otros autores como Usama, A. & Che, N. (2013: 686-698) y Aali-Bujari, A.; Venegas-Martínez, F. & Palafoz-Roca, A.O. (2017: 1-8), recomiendan un aumento del gasto público e inversión en proyectos de energía renovable que contribuyan a la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> y al crecimiento económico sostenible.

Es necesario que se lleven a cabo políticas energéticas que mejoren la eficiencia energética. Hemos demostrado para Europa Central y Los Balcanes, que una disminución del uso energético hace que se produzca un incremento en el PIB per cápita de dicha región.

Los resultados de este trabajo tienen una alta implicación sobre los poderes públicos en relación con las acciones de economía energética. Esto nos abre un marco de discusión, que se seguirá tratando en el futuro con nuevas investigaciones en el campo.

## REFERENCIAS

- Acaravci, A., and Ozturk, I. (2010): "Electricity Consumption-Growth Nexus: Evidence from Panel Data for Transition Countries", *Energy Economics*, 32(3), 604–608. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.10.016>.
- Alí Aali-Bujari, A. F., Venegas-Martínez, and Palafox-Roca, A. O. (2017): "Impact of Energy Consumption on Economic Growth in Mayor OECD Economies (1977-2014): A Panel Data Approach", *Journal of Energy Economics and Policy*, 7(2), 1.
- Apergis, N., and Payne, J. E. (2010a): "Energy Consumption and Growth in South America: Evidence from a Panel Error Correction Model", *Energy Economics*, 32(6), 1421–1426. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.04.006>.
- Apergis, N., and Payne, J. E. (2010b): "Renewable Energy Consumption and Economic growth: Evidence from a Panel of OECD Countries", *Energy Policy*, 38(1), 656–660. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.002>.
- Baltagi, B. H. (2008): "Econometric Analysis of Panel Data", *Econometric Theory*, 13(5), 351, <https://doi.org/10.1017/S0266466600006150>.
- Bilgili, F., and Ozturk, I. (2015): "Biomass Energy and Economic Growth Nexus in G7 Countries: Evidence from Dynamic Panel Data", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.098>.
- Breusch, T. S., and Pagan, A. R. (1980): "The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specifications in Econometrics", *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239–253. Retrieved from <http://www.jstor.org/discover/10.2307/2297111?uid=2&uid=4&sid=21104307935787>.
- Chang, T., Chu, H.-P., and Chen, W.-Y. (2013): "Energy Consumption and Economic Growth in 12 Asian Countries: Panel Data Analysis. *Applied Economics Letters*, 20(3), 282–287. <https://doi.org/10.1080/13504851.2012.692869>.
- Cuadros-Rodríguez, L., Gonzalez-Casado, A., Garcia-Campana, A. M., and Vilchez, J. L. (1998): "Ensuring both Normality and Homocedasticity of Chromatographic Data- Ratios for Internal-Standard Least-Squares Calibration", *Chromatographia*, 47(9–10), 550–556. <https://doi.org/10.1007/BF02467494>
- Dellink, R., Chateau, J., Lanzi, E., and Magné, B. (2017): "Long-term Economic Growth Projections in the Shared Socioeconomic Pathways", *Global Environmental Change*, 42, 200–214.
- Greene, W. W. H. . (2000): *Econometric Analysis*, Prentice Hall (Vol. 97), <https://doi.org/10.1198/jasa.2002.s458>.
- Hamilton, J. D. (2011): "Historical Oil Shocks", *National Bureau of Economic Research*, 53(9), 1689–1699.
- Hausman, J. A. (1978): "Specification Test in Econometrics", *Econometrica*, 46(6), 1251–1271, Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1913827>.
- Huang, B.-N., Hwang, M. J., and Yang, C. W. (2008): "Causal Relationship between Energy Consumption and GDP Growth Revisited: A Dynamic Panel Data Approach, *Ecological Economics*, 67(1), 41–54, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.11.006>.

- Inglesi-Lotz, R. (2015): “The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Panel Data Application”, *Energy Economics*, 1–6, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.01.003>.
- Inglesi-Lotz, R. (2016): “The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Panel Data Application”, *Energy Economics*, 53, 58–63.
- Ito, K. (2017): “CO<sub>2</sub> Emissions, Renewable and Non-Renewable Energy Consumption, and Economic Growth: Evidence from Panel Data for Developing Countries”, *International Economics*, 151, 1–6, <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2017.02.001>.
- Kais, S., and Sami, H. (2016a): “An Econometric Study of the Impact of Economic Growth and Energy Use on Carbon Emissions: Panel Data Evidence From Fifty Eight Countries”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1101–1110. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.054>.
- Lee, C.-C., and Chang, C. P. (2008): “Energy Consumption and Economic Growth in Asian Economies: A more Comprehensive Analysis Using Panel Data”, *Resource and Energy Economics*, 30(1), 50–65, <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2007.03.003>.
- Lee, C. C. (2005): “Energy Consumption and GDP in Developing Countries: A Cointegrated Panel Analysis”, *Energy Economics*, 27(3), 415–427, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2005.03.003>.
- Lee, C. C., and Chang, C. P. (2007): “Energy Consumption and GDP Revisited: A Panel Analysis of Developed and Developing Countries”, *Energy Economics*, 29(6), 1206–1223.
- Mahadevan, R., and Asafu-Adjaye, J. (2007): “Energy Consumption, Economic Growth and Prices: A Reassessment Using Panel VECM for Developed and Developing Countries”, *Energy Policy*, 35(4), 2481–2490, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.08.019>.
- Marques, A. C., Fuinhas, J. A., and Pires Manso, J. R. (2010): “Motivations Driving Renewable Energy in European Countries: A Panel Data Approach”, *Energy Policy*, 38(11), 6877–6885.
- Menegaki, A. N., and Ozturk, I. (2013): “Growth and Energy Nexus in Europe and Economic Development in 16 emerging Countries”, *Journal of Economic Studies*, 40(5), 686–698.
- Narayan, P. K., and Smyth, R. (2008): “Energy Consumption and Real GDP in G7 Countries: New Evidence from Panel Cointegration with Structural Breaks”, *Energy Economics*, 30(5), 2331–2341, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2007.10.006>.
- Niu, S., Ding, Y., Niu, Y., Li, Y., and Luo, G. (2011): “Economic Growth, Energy Conservation and Emissions Reduction: A Comparative Analysis Based on Panel Data for 8 Asian-Pacific Countries”, *Energy Policy*, 39(4), 2121–2131, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.003>.
- Ozcan, B. (2013): “The Nexus between Carbon Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Middle East countries: A Panel Data Analysis”, *Energy Policy*, 62, 1138–1147, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.016>.

- Sharif Hossain, M. (2011): "Panel Estimation for CO2 Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, Trade Openness and Urbanization of Newly Industrialized Countries", *Energy Policy*, 39(11), 6991–6999, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.07.042>.
- Streimikiene, D., and Kasperowicz, R. (2016): "Review of Economic Growth and Energy Consumption: A Panel Cointegration Analysis for EU Countries", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.041>.
- Usama, A., and Che, N. (2014): "Energy Consumption, Pollution and Economic Development in 16 Emerging Countries", *Journal of Economic Studies*, 40(5), 686-698.
- Wang, S. S., Zhou, D. Q., Zhou, P., and Wang, Q. W. (2011): "CO2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China: A Panel Data Analysis", *Energy Policy*, 39(9), 4870–4875, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.032>.
- Westerlund, J., Thuraissamy, K., and Sharma, S. (2015): "On the Use of Panel Cointegration Tests in Energy Economics", *Energy Economics*, 50, 359–363, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.08.020>.
- Wolde-Rufael, Y. (2014): "Electricity Consumption and Economic Growth in Transition Countries: A Revisit Using Bootstrap Panel Granger Causality Analysis", *Energy Economics*, 44, 325–330, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.04.019>.
- Zamboni, A. Z., and Kim, S. (2017): "A Nonparametric Hypothesis Test for Heteroscedasticity in Multiple Regression", *Canadian Journal of Statistics*, 45(4), 425–441, <https://doi.org/10.1002/cjs.11333>.

