

Jacobo Campo R.\*  
Viviana Sarmiento\*\*  
Universidad  
Católica de Colombia

Recibido: 11 de enero de 2011  
Concepto de evaluación: 11 de marzo de 2011  
Aceptado: 17 de marzo de 2011

# Un modelo de corrección de errores para la relación entre el consumo de energía y el PIB en Colombia (1970-2009)

## RESUMEN

En este artículo se presenta evidencia empírica sobre la relación entre el consumo de energía y el PIB para Colombia, durante el periodo 1970-2009. Los resultados muestran que las series son no estacionarias; es decir, son I (1) de manera individual, adicionalmente, existe una relación de largo plazo entre dichas variables. A través de un VECM se estiman las elasticidades de corto y largo plazo para analizar la dinámica de ajuste. Los resultados muestran que en el corto plazo se mantiene la hipótesis de conservación pero que a largo plazo se evidencia una retroalimentación entre ambas variables. Se concluye que en Colombia no se evidencia una relación de consumo de energía y PIB en el corto plazo, por tanto, los hacedores de política pueden implementar estrategias encaminadas a la conservación de la energía.

**Palabras clave:** consumo de energía, Relación de cointegración, Modelo de Corrección de Errores de Vectores Cointegrados (VECM), ruptura estructural, Colombia.

## Error Correction Model for Energy Consumption – GDP relationship in Colombia 1970 - 2009

## ABSTRACT

This paper presents empirical evidence on the relationship between energy consumption and GDP in Colombia during the period 1970 to 2009. The results show that the series are not stationary, i.e. are individually I (1); in addition we find a long term relationship between both variables. Through a VECM we estimate short and long term elasticities to analyze the dynamics of adjustment. The results show that in the short-term the conservation hypothesis holds (i.e. no evidence of a short-term relationship of energy consumption to GDP). In the long-term, however, we find evidence of a feedback mechanism between both variables. Yet, this paper provides evidence that policymakers can implement policies aimed at energy conservation without hurting economic growth.

**Key words:** Energy Consumption, Cointegration Relation, Vector Error Correction Model (VECM), Structural Break, Colombia.

Códigos JEL: C32, Q43.

\* Docente. Facultad de Economía,  
Universidad Católica  
de Colombia.  
jacampo@ucatolica.edu.co

\*\*Asistente de investigación. Facultad  
de Economía, Universidad  
Católica  
de Colombia.  
lvsarmiento48@ucatolica.edu.co

## INTRODUCCIÓN

Con la crisis del petróleo comenzó un periodo de inestabilidad que motivó a muchos investigadores a estudiar numerosas relaciones entre las variables macroeconómicas que determinan el comportamiento de las economías. Una de estas relaciones es la existente entre el consumo de energía y el PIB, ya que sirve para determinar el crecimiento sostenible de los países, sin embargo, en economías en desarrollo como la colombiana no se ha llevado a cabo estudios que indaguen sobre esta relación y los efectos que ocurren entre las dos variables. Rodríguez (2004) es quizá el único autor que ha estudiado esta relación para Colombia basado en una metodología de series de tiempo, su estudio encontró que no existe una relación de largo plazo de equilibrio entre estas variables durante el periodo 1970-1999. Por otro lado, algunas investigaciones que han abordado este tópico, presentan inconsistencias en sus resultados, lo cual se puede atribuir, principalmente, a las metodologías seleccionadas, a errores de especificación y a los periodos de tiempo, entre otras.

Este artículo aborda el tema de la relación de consumo de energía y PIB desde un modelo de corrección de errores, su contribución radica en dos cuestiones: la primera, se aplican pruebas de raíces unitarias que tienen en cuenta posibles quiebres estructurales en las series como es el caso de la prueba desarrollada por Perron<sup>1</sup>, sin embargo, en este trabajo se aplica la prueba propuesta por Saikkonen y Lütkepohl<sup>2</sup>, Lanne et al.<sup>3</sup> y la Prueba de Cointegración de Johansen<sup>4</sup>, con la finalidad de

encontrar la mejor especificación del modelo. Segundo, este trabajo es una contribución empírica a la escasa literatura sobre energía y su impacto sobre la producción en Colombia. El objetivo específico de este trabajo es proporcionar evidencia empírica de la existencia o no de una relación fuerte (en el corto y largo plazo) entre el consumo de energía y el PIB en Colombia, así como también analizar que, por la anterior razón, es posible la implementación

de políticas ambientales que promuevan el uso eficiente y la conservación de la energía.

Ozturk (2010) presenta cuatro posibles hipótesis que se deben tener en cuenta al analizar los resultados de estimaciones de largo plazo o, simplemente, causalidades en el sentido de Granger<sup>5</sup>. La primera hipótesis es la neutralidad, según esta no existe ninguna relación entre el consumo de energía y el PIB, en ningún sentido: ni del consumo de energía al PIB, ni del PIB al consumo de energía. La segunda hipótesis es la conservación de la energía, es decir, solo existe causalidad en una dirección: del PIB al consumo de energía. La tercera hipótesis es el crecimiento, del consumo de energía al PIB. Y, la cuarta y última hipótesis es la retroalimentación entre las series, decir, es una causalidad bidireccional, del PIB al consumo de energía y viceversa.

Los resultados que se obtienen del análisis de causalidad (ya sea de Granger o a través de un MVEC) como las direcciones son, desde la perspectiva de política económica, un insumo importante para el diseño e implementación de políticas. Por ejemplo, si se encuentra evidencia estadística de qué causa en un país el consumo de energía al PIB en el corto y largo plazo, luego, las políticas que se diseñen e implementen en pro de la conservación de la energía afectarán al PIB y, por ende, a su crecimiento; en este orden de ideas, se dice en la literatura que este es un país dependiente de la energía y este tipo de políticas son contraproducentes. Por otro lado, si la evidencia estadística va en dirección contraria, es decir, del PIB al consumo

1 PERRON, P. The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis. *Econometría*, vol. 57(6): 1361-1401, November 1989.

2 SAIKKONEN, P. y LÜTKEPOHL, H. Testing for a unit root in a time series with a level shift at unknown time. *Econometric Theory*, vol. 18: 313-348, 2002.

3 LANNE, M., LÜTKEPOHL, H. y SAIKKONEN, P. Comparison of unit root tests for time series with level shifts. *Journal of Time Series Analysis*. 2002.

4 JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 12(2-3): 231-254, 1988; Johansen, S. Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models. *Econometría*, vol. 59(6): 1551- 80, noviembre, 1991.

5 Con resultados, nos referimos a las direcciones de la causalidad entre consumo de energía y PIB.

de energía pero no viceversa, entonces, las políticas que promuevan la conservación de la energía no tendrán efectos negativos sobre el PIB y, por consiguiente, sobre el crecimiento de una economía. Los resultados que se obtienen en este trabajo sirven para identificar, diseñar e implementar políticas de eficiencia energética en Colombia.

El artículo está organizado de la siguiente manera. En la primera sección se presenta, a manera de revisión, un recuento de la bibliografía internacional sobre el tema. En la segunda sección, se modela la metodología econométrica. En la cuarta, se exponen los datos y su descripción, como también los resultados del modelo. Finalmente, en la quinta sección se concluye.

## La relación entre el consumo de energía y el PIB

Durante décadas, numerosos autores han estudiado la relación entre el consumo de energía y el PIB con diversos resultados, por ejemplo, Kraft y Kraft<sup>6</sup>, el artículo pionero en este tópico, encontró causalidad unidireccional del PIB al consumo de energía en Estados Unidos para el periodo 1947-1974, y Baghestani y Abosedra<sup>7</sup> probaron el resultado de ese estudio empleando el test de causalidad de Granger estándar. Sin embargo, Akarca y Long<sup>8</sup> argumentaron que los resultados de Kraft y Kraft eran provenientes de regresiones espurias, pues no encontraron evidencia de causalidad cuando el periodo de tiempo es acotado por dos años. Por su parte, Yu y Hwang<sup>9</sup>, Yu y Choi<sup>10</sup> tampoco

encontraron relación causal, aunque utilizaron varios métodos.

Erol y Yu<sup>11</sup> encontraron, utilizando el test de causalidad de Granger y Sims (1982), causalidad bidireccional entre el consumo de energía y el PIB real en Japón e Italia, relación causal unidireccional en el este de Alemania y neutral en Francia, Reino Unido y Canadá; Hwang y Gum<sup>12</sup> encontraron evidencia de causalidad bidireccional entre el PIB y el consumo de energía en Taiwan, y, por su parte, Fatai et al.<sup>13</sup> no encuentra relación entre el consumo de energía y el PIB en Nueva Zelanda.

En el estudio realizado por Al-Iriani (2006) para los seis países que conforman el Consejo de Cooperación del Golfo (Kuwait, Oman, Arabia Saudí, Bahrain, Emiratos Árabes Unidos y Qatar), los resultados obtenidos indican que existe causalidad unidireccional del PIB al consumo de energía; Soytaş, Sari y Ozdemir, O<sup>14</sup> encontraron evidencia de relación causal unidireccional del consumo de energía al PIB en Turquía a partir del método de cointegración y el análisis del vector de corrección de errores.

En la literatura internacional existen muchos más trabajos que han estudiado esta relación, sin embargo, los que se exponen aquí son los más representativos.

## Metodología y modelo econométrico

Es conocido que para evitar obtener relaciones engañosas en las estimaciones econométricas es necesario aplicar pruebas de raíces unitarias a las

6 KRAFT, J. y KRAFT, A. On the relationship between energy and GNP. *Journal of Energy and Development*, vol.2 (3): 401-403.  
7 ABOSE德拉, S., BAGHESTANI, H. New evidence on the causal relationship between U.S. Energy Consumption y Gross National Product. *Journal of Energy and Development*, vol.14: 285-292, 1991.  
8 AKARCA, ¿? y LONG, ¿?. On the relationship between energy and GNP: A reexamination. *Journal of Energy Development*, vol.5: 326-331, 1980.  
9 YU, E.S.H., HWANG, B.K. The relationship between energy and GNP: further results. *Energy Economics*, vol.6:186-190, 1984.  
10 YU, E.S.H., y CHOI, J.Y. The causal relationship between energy and GNP: an international comparison. *Journal of Energy and Development*, vol.10:249-272, 1985.

11 EROL, U., y YU, E.S.H. On the causal relationship between energy and income for industrialized countries. *Journal of Energy Development*, vol.13:113-122, 1987.  
12 HWANG, D. y GUM, B. The causal relationship between energy and GNP: the case of Taiwan. *Journal of Energy Development*, pp.219-226, 1992.  
13 FATAI, K., OXLEY, L., SCRIMGEOUR, F. Energy consumption and employment in New Zealand: searching for causality. Paper presented at NZAE Conference. Wellington: 26-28, June 2002.  
14 SOYTAS, U. SARI, R. y OZDEMIR, O. Energy Consumption and GDP Relations in Turkey: A Cointegration and Vector Error Correction Analysis. *Economics and Business in Transition: Facilitating Competitiveness and Change in the Global Environment Proceedings*. Global Business and Technology Association, pp.838-844, 2001.

series, con el fin de determinar la estacionariedad o no de las series<sup>15</sup>. Luego, si las series son no estacionarias, es decir, tienen raíz unitaria, se debe probar que están cointegradas y, de esta manera, tienen una relación de largo plazo entre ellas<sup>16</sup>.

En este trabajo se aplicaron la prueba ADF (augmented Dickey–Fuller), y la prueba KPSS (Kwiatkowski, Phillips, Smichdt y Shin) para probar el orden de integración de las series y, adicionalmente, se empleó la prueba de saikkonen y Lütkepohl<sup>17</sup> y Lanne et al.<sup>18</sup>, la cual permite la presencia de raíz unitaria con un quiebre estructural en las series. Este test es más completo que el propuesto por Perron<sup>19</sup> porque el quiebre lo determina endógenamente y no exógenamente.

Como se mencionó, si las series tienen raíz unitaria (son integradas de orden uno), de acuerdo con Granger y Newbold<sup>20</sup>, el paso a seguir es probar cointegración entre las series, con el fin de evitar regresiones espurias.

Además, se empleó la prueba propuesta por Johansen<sup>21</sup> basada en el estimador del Multiplicador de Lagrange (MLE) y en la metodología de cointegración propuesta por Johansen y Juselius<sup>22</sup> para probar la existencia de una relación de largo plazo entre las variables. El paso a seguir es estimar el Modelo VAR (p) para determinar el número de rezagos del mismo con base en los criterios de información y así determinar los rezagos óptimos del Modelo VEC (p-1).

La ecuación (1) y (2) muestran, respectivamente, el modelo VAR (p) y el modelo VEC (p-1):

$$Y_t = a + \sum_{i=1}^p \Pi_p Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\Delta Y_t = a + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta Y_{t-i} - \Pi Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Donde  $a$  es el término constante,  $\varepsilon_t$  es el término de error y es ruido blanco gaussiano, y

$$Y_t = [LPIB_t, LCE_t]^T, \Pi = I - \Pi_1 - \Pi_2 - \dots - \Pi_p, \\ \Gamma_i = -I + \Pi_1 + \Pi_2 - \dots + \Pi_i, i = 1, \dots, p-1.$$

Luego, por el teorema de representación de Granger, si existe un vector de cointegración, entonces, existe un modelo VEC.

## Datos y resultados empíricos

Este es un estudio de series de tiempo, el cual consiste en series de tiempo anuales de PIB y consumo de energía, ambos en términos per cápita. Las series son obtenidas del Banco Mundial, la definición del consumo de energía es: El consumo de energía eléctrica mide la producción de las plantas generadoras de electricidad y las plantas de generación combinada de calor y electricidad, menos las pérdidas por transmisión, distribución y transformación, y el consumo propio de las plantas, y el PIB es el PIB real.

El Gráfico 1 muestra las series en logaritmos para el periodo de estudio y el Gráfico 2 muestra la primera diferencia de las series del Gráfico 1. Podemos ver que en los gráficos 1 y 2, las series aparentemente están correlacionadas en algunos periodos, pero en otros, se incrementa el consumo de energía. Por ejemplo, en al menos 15 periodos (1972, 1974, 1977, 1982, 1989, 1992, 1993, 2001, 2007, 2009), las series parecen ir en sentidos opuestos. Este resultado del análisis preliminar brinda una primera aproximación que le da fuerza a la hipótesis de este estudio, la cual sugiere que no existe relación ni de corto ni de largo plazo entre el consumo de energía y el PIB, en ambos

15 GRANGER, C. y NEWBOLD, P. Spurious Regressions in Econometrics. *Journal of Econometrics*, vol.2:111-120, 1974.

16 ENGLE, R.F. y GRANGER, C. Co-integration and Error-Correction: Representation, estimation and testing. *Econometría*, vol.55 (2): 251-276, 1987.

17 Op. cit.

18 Op. cit.

19 Op. cit.

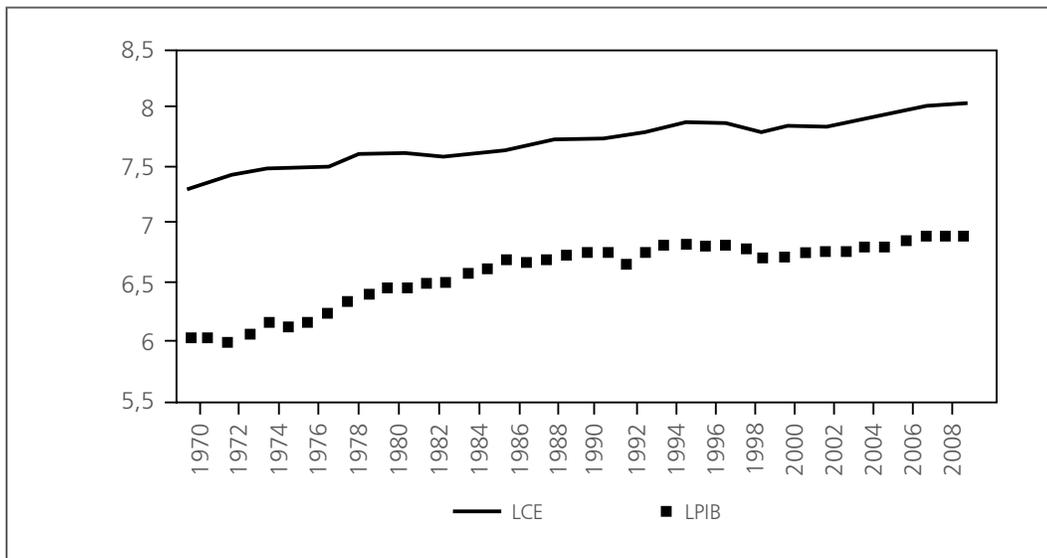
20 Op. cit.

21 Op. cit.

22 JOHANSEN, S. y JUSELIUS, K. Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration--With Applications to the Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Department of Economics, University of Oxford, vol. 52(2): 169-210, May. 1990.

Gráfico 1.

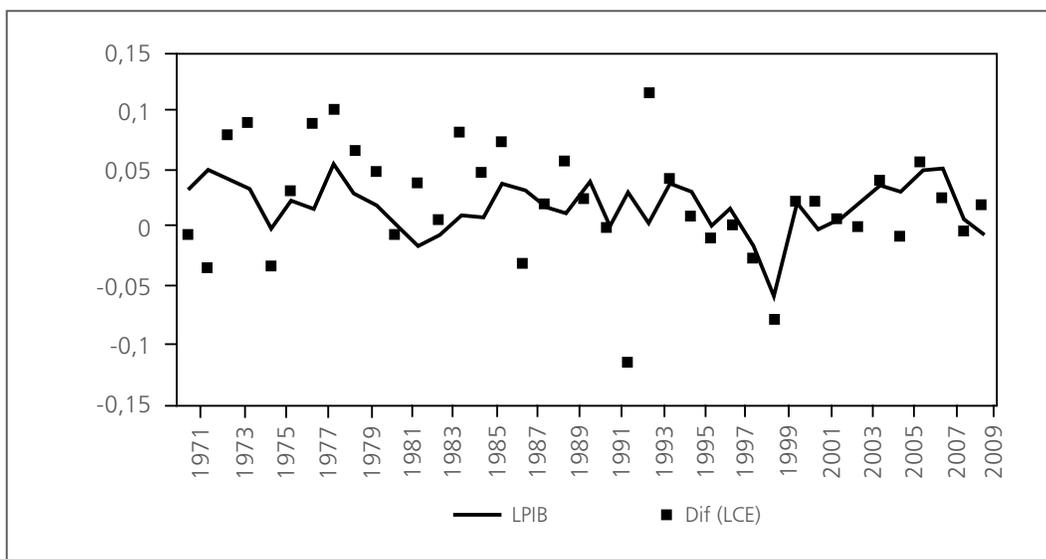
Consumo de Energía per cápita y PIB real per cápita en Colombia 1970-2009



Fuente: Cálculos de los Autores basados en Banco Mundial, WDI y IEA.

Gráfico 2.

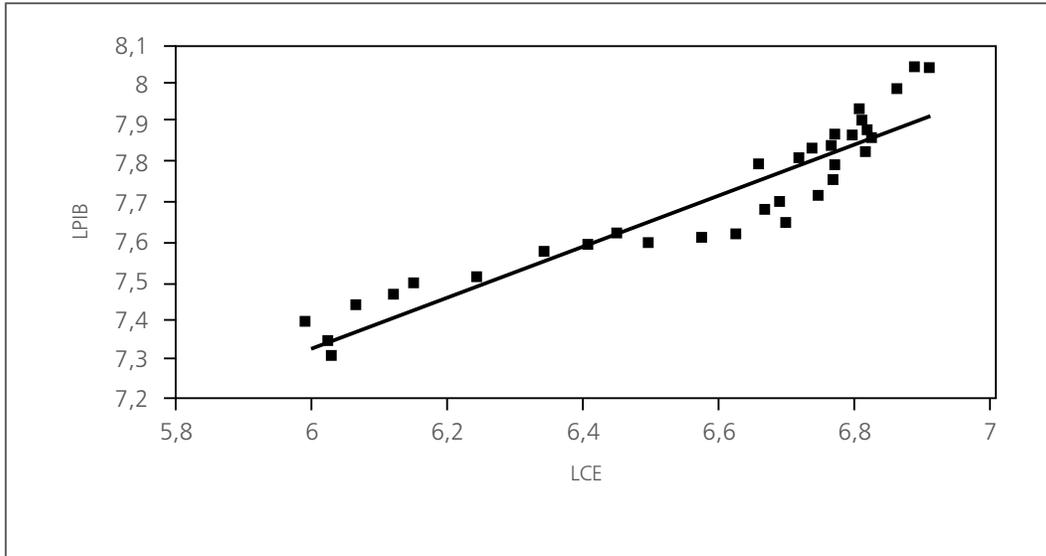
Primera diferencia del consumo de energía per cápita y del PIB real per cápita en Colombia 1971-2009



Fuente: Cálculos de los autores basados en Banco Mundial, WDI y IEA.

Gráfico 3.

Dispersión entre el consumo de energía per cápita y el PIB real per cápita en Colombia 1971-2009



Fuente: Cálculos de los autores basados en Banco Mundial, WDI y IEA.

sentidos, es decir, del consumo de energía al PIB y viceversa. Sin embargo, durante los últimos 20 años se pueden ver que más movimientos en el PIB se traducen en movimientos del consumo de energía.

De hecho, si se observa el Gráfico 3, el cual presenta un gráfico de dispersión con una tendencia lineal, se puede ver una primera aproximación, la cual nos indica que la relación entre el consumo de energía y el PIB es positiva para el periodo de estudio en Colombia.

### Prueba de raíces unitarias

Como se mencionó, se aplicaron las pruebas ADF y KPSS, además de la prueba de Saikkonen y Lütkepohl<sup>23</sup> y Lanne et al.<sup>24</sup>, esta última con la finalidad de probar la existencia de raíces unitarias con quiebre estructural. La Tabla 2 reporta los

resultados de las pruebas de raíces unitarias para ambas series, ahí se puede ver que los estadísticos estimados son menores que los valores críticos al 5% de significancia. Por tanto, se concluye que las series son integradas de orden uno en niveles y de orden cero (estacionarias) en diferencias. Se incluyen componentes determinísticos como intercepto y tendencia en las pruebas.

Los resultados de la prueba de Saikkonen y Lütkepohl<sup>25</sup> y Lanne et al.,<sup>26</sup> están resumidos en la Tabla 2. Estos resultados indican que la hipótesis nula de raíz unitaria para las series en niveles no puede ser rechazada a ningún nivel convencional. La prueba calcula los quiebres ocurridos en ambas series y ambos son consistentes con sucesos históricos, como, por ejemplo, el racionamiento de energía a nivel nacional durante el año 1992 y la crisis de la década del noventa, especialmente, la del año 1999.

23 Op. cit.

24 Op. cit.

25 Op. cit.

26 Op. cit.

Tabla 1.

*Resultados prueba de raíz unitaria*

Variable		Stationarity tests	
	Deterministic component	ADF	KPSS
LEPC	Intercept	-2.092517	(0.645486)**
LGDP	Intercept	-0.817504	(0.737250)**
DLEPC	Intercept	(-5.751991)***	(0.378184)*
DLGDP	Intercept	(-4.144571)***	0.113441

Tabla 2.

*Resultado de la prueba de raíz unitaria con quiebre estructural*

Variable	Fecha de Quiebre	Rezagos	Estadístico t	VC al 5%
LCE	1992	1	-2.5171	-2.88
LPIB	1999	1	-0.1442	-2.88
DLCE		0	-5.345	-2.88
DLPPIB		0	-3.962	-2.88

Fuente: JMulti.

### **Prueba de Cointegración**

Como se mencionó en la sección 3, se aplicó la prueba de Johansen<sup>27</sup>. La Tabla 3 presenta los resultados de las pruebas de Cointegración de Máxima Verosimilitud basada en el rango de la matriz  $\Pi$  en la ecuación (2), las pruebas Traza y Máximo Valor Propio. Los resultados de la prueba de Cointegración entre el PIB real y el consumo de energía implican que la hipótesis nula de no Cointegración en ambas pruebas, es decir,  $H_0 : r_0 = 0$ , se rechaza al 5% de significancia, ya que el estadístico calculado para cada una es mayor que el valor crítico.

Con base en el resultado obtenido con la Prueba de Cointegración de Johansen se deriva el Modelo de Corrección de Errores de esta metodología, a diferencia de la mayoría de los autores que investigan esta relación, los cuales emplean la metodología de Engle y Granger<sup>28</sup>. En esta

parte, incluimos en el Modelo de Corrección de Errores, dos variables dummy de intervención que recogen los efectos de los quiebres estructurales en las variables encontrados con la prueba de Saikkonen y Lütkepohl<sup>29</sup> y Lanne et al.<sup>30</sup>, para tenerlas en cuenta en la dinámica de ajuste de corto y largo plazo.

El teorema de representación de Granger, nos permite modelar la dinámica de corto y largo plazo a través de un modelo de corrección de errores. Sin embargo, primero se debe determinar el número óptimo de rezagos, el cual se obtiene por medio del modelo VAR(p), en este caso, el número óptimo de rezagos es 3, es decir, nuestro modelo VAR es de orden 3, VAR(3)<sup>31</sup>. Ahora bien, el modelo de corrección de errores (VEC(p-1)) será un VEC de orden 2, es decir, VEC(2).

27 Op. cit.

28 Op. cit.

29 Op. cit.

30 Op. cit.

31 Este modelo VAR cumple con los supuestos clásicos, no presenta autocorrelación, ni heteroscedasticidad, y los errores se distribuyen normalmente.

Tabla 3.

Resultados de la Prueba de Cointegración de Johansen

Prueba Traza				
Número de vectores de cointegración	Valor propio	Estadístico traza	VC al 5%	Probabilidad
r=0	0.42235	23.76287	12.3209	0.0004
r<1	0.089219	3.457741	4.129906	0.0746

Prueba Lambda Max				
Número de vectores de cointegración	Valor propio	Estadístico máximo Valor propio	VC al 5%	Probabilidad
r=0	0.42235	20.30513	11.2248	0.001
r<1	0.089219	3.457741	4.129906	0.0746

Tendremos que el Modelo de Corrección de Errores es

$$\Delta Y_t = a + \Gamma_1 \Delta Y_{t-1} + \Gamma_2 \Delta Y_{t-2} - \Pi Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Y matricialmente<sup>32</sup>,

$$\begin{bmatrix} \Delta LPIB_t \\ \Delta LCE_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.067 & 0.020 \\ -0.105 & -0.124 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d99 \\ d92 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.142 & 0.078 \\ 0.131 & -0.097 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta LPIB_{t-1} \\ \Delta LCE_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.085 & -0.030 \\ -0.186 & -0.140 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta LPIB_{t-2} \\ \Delta LCE_{t-2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.034 \\ 0.109 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1.116 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} LPIB_{t-1} \\ LCE_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_t^{LPIB} \\ \varepsilon_t^{LCE} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Con base en el modelo VEC, luego de aplicar la Prueba de Cointegración de Johansen entre el consumo de energía y el PIB, se puede analizar la dinámica de ajuste en el corto y en el largo plazo. Los resultados sugieren que el consumo de energía no tiene un efecto de corto plazo en el PIB, ya que los coeficientes de ajuste de corto plazo son no significativos a cualquier nivel de significancia convencional, en otras palabras, los rezagos sucesivos del consumo de energía y del PIB sobre el PIB no son estadísticamente significativos.

En este orden de ideas, la hipótesis de conservación de la energía se cumple para la economía

colombiana en el corto plazo, sin embargo, se nota que la elasticidad de largo plazo de la energía al PIB es significativa al 1%, es decir, que en el largo plazo un incremento del 1% del consumo de energía genera un incremento del PIB del 1.116%, por lo tanto, en el largo plazo el consumo de energía sí afecta al PIB. Por otro lado, el PIB impacta el consumo de energía en el corto y en el largo plazo para el periodo en estudio. Finalmente, el coeficiente de ajuste (velocidad de ajuste) a desequilibrios de largo plazo del modelo ( $\Delta LPIB$ ) es 3.4%, mientras que para el modelo ( $\Delta LCE$ ) es 10.9%. Lo anterior implica un ajuste más rápido en el modelo de corrección del error del consumo de energía.

## CONCLUSIONES

En este artículo se analizó la relación de corto y largo plazo entre el consumo de energía y el PIB real para la economía colombiana durante el periodo 1970-2009, empleando series de tiempo anuales. Primero se estimó la elasticidad de largo plazo del consumo de energía al PIB real y luego, bajo la modelación VEC, se recogió la dinámica de corto y largo plazo.

El propósito fue contribuir, con el uso de evidencia empírica para la economía colombiana, a la literatura sobre el nexo entre consumo de energía y PIB. En ese estudio se emplearon técnicas de series de tiempo con el conocimiento de que

32 En el Apéndice A, se presentan los resultados completos que soportan los resultados presentados en la ecuación (3).

no existen trabajos recientes sobre esta relación en Colombia.

Los resultados empíricos para el caso colombiano sugieren la existencia de una relación causal de largo plazo bidireccional entre el consumo de energía y el PIB. En otras palabras, el hecho de que exista cointegración entre las variables, confirma la relación entre las mismas, es decir, sugiere que en el largo plazo existe una retroalimentación entre el consumo de energía y el PIB.

En resumen, los resultados señalan que en el corto plazo no existe relación entre el consumo de energía y el PIB, pero sí existe relación en el largo plazo, lo cual a la luz de las hipótesis formuladas por Ozturk<sup>33</sup>, nuestros resultados se pueden ubicar

bajo la hipótesis de conservación de la energía en el largo plazo y un efecto retroalimentación en el largo plazo.

Para futuros estudios se podría incluir una medida de energía renovable y sus efectos sobre el PIB y el consumo de energía, para testear el efecto de la implementación de esta medida sobre las variables de este estudio. Adicionalmente, se puede estudiar la relación de estas variables sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>, para evaluar un poco el efecto negativo que pueden tener el consumo de energía y el PIB sobre el efecto invernadero. En general, cualquier estudio que pueda promover la preservación del medio ambiente y que reduzca la dependencia del consumo de energía en las economías a nivel mundial.

---

33 Op. cit.

## Apéndice A. Resultados del MVEC (2)

Tabla A1.

*Ecuación de Cointegración Normalizada con respecto al PIB (dinámica de largo plazo)*

Ecuación de Cointegración	
LPIB <sub>t-1</sub>	1
LCE <sub>t-1</sub>	-1.115931
	(-0.01207)***

(\*\*\*) Indica nivel de significancia al 1%

Tabla A2.

*Dinámica de corto plazo*

Coeficiente	$\Delta$ LPIB <sub>t</sub>	$\Delta$ LCE <sub>t</sub>
	Errores estándar entre ( )	Errores estándar entre ( )
$\alpha$ (ECT)	0.033984 (-0.01305)**	0.108139 (-0.02347)**
$\Delta$ LPIB <sub>t-1</sub>	0.141441 (-0.16529)	0.129301 (-0.29725)
$\Delta$ LPIB <sub>t-2</sub>	0.085271 (-0.16381)	-0.186465 (-0.29459)
$\Delta$ LCE <sub>t-1</sub>	0.078011 (-0.07256)	-0.096146 (-0.1305)
$\Delta$ LCE <sub>t-2</sub>	-0.031139 (-0.07244)	-0.139397 (-0.13027)
D99	-0.067461 (-0.02008)***	-0.104801 (-0.03611)***
D92	0.020182 (-0.0201)	-0.123592 (-0.03614)***
$\overline{R^2}$ $\overline{R^2}$	0.37444 0.249328	0.534315 0.441178
Media de la Var. dependiente	0.017589	0.024582
D.E. de la Var. dependiente	0.02237	0.046628
Log. Likelihood	97.28609	75.57046

(\*\*\*) Indica nivel de significancia al 1%

(\*\*) Indica nivel de significancia al 5%

(\*) Indica nivel de significancia al 10%

Tabla A3.

*Pruebas sobre los residuales del MVEC (2)*

	Autocorrelación (Prueba VARCHLM)	Heteroscedasticidad (Prueba White VEC)	Normalidad (Jarque-Bera)
Estadístico	30.2844	71.32718	7.75025
P-Value	0.9545	0.3052	0.1012

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKARCA, *¿A.T?*. & LONG, *¿T.V?*. *On the relationship between energy and GNP: A reexamination. Journal of Energy Development*, vol.5: 326-331, 1980.
- ABOSEDRA, Salaheddin, BAGHESTANI, Hamid?. *New evidence on the causal relationship between U.S. Energy consumption y Gross National product. Journal of Energy and Development*, vol.14: 285-292, 1991.
- AL-IRIANI, M.A. *Energy GDP relationship revisted: an example from GCC countries using panel causality. Energy Policy*, vol.34: 3342-3350, 2006.
- CHENG, B.S. *An investigation of cointegration and causality between energy consumption and economic growth. Journal of Energy Development*, vol. 21: 73-84, 1995.
- DICHEY, D. & FULLER, *¿William?*. *Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. Journal of the American Statistical Association*, vol. 74: 427-431, 1979.
- ENGLE, R.F. & GRANGER, *¿Clive?*. *Co-integration and Error-Correction: Representation, estimation and testing. Econométrica*, vol. 55 (2): 251-276, 1987.
- EROL, U., & YU, Siu Hung Eden. *On the causal relationship between energy and income for industrialized countries. Journal of Energy Development*, vol. 13: 113-122, 1987.
- FATAI, K., OXLEY, Les, SCRIMGEOUR, Frank?. *Energy consumption and employment in New Zealand: searching for causality. Paper presented at NZAE Conference. Wellington: 26-28, June 2002.*
- GHOSH, Sugata. *Electricity consumption and economic growth in India. Energy Policy*, vol. (30): 125-129, 2002.
- GLASURE, Y. & LEE, Ann?. *Cointegration, error correction and relationship between GDP and Energy: the case of South Korea and Singapore. Resource and Energy Economics*, (20): 17-25, 1997.
- GRANGER, C. & NEWBOLD, Paul. *Spurious Regressions in Econometrics. Journal of Econometrics*, vol. 2: 111-120, 1974.
- HWANG, D. & GUM, B. *The causal relationship between energy and GNP: the case of Taiwan. Journal of Energy and Development*, pp.219-226, 1992.
- JOHANSEN, S. *Statistical analysis of cointegration vectors. Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 12(2-3): 231-254, 1988.
- JOHANSEN, S. *Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models. Econométrica*, vol. 59(6): 1551- 80, November 1991.
- JOHANSEN, S. y JUSELIUS, K. *Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration-With Applications to the Demand for Money. Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol.52(2): 169-210, May 1990.
- KRAFT, J. y KRAFT, A. *On the relationship between energy and GNP. Journal of Energy and Development*, vol. 2 (3): 401-403.

- KWIATKOWSKI, D., PHILLIPS, P., SCHMIDT, P. y SHIN, Y. *Testing the null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of Unit Root*. *Journal of Econometrics*, vol. 54 (1-3): 159-178, 1992.
- LANNE, M., LÜTKEPOHL, H. y SAIKKONEN, P. *Comparison of unit root tests for time series with level shifts*. *Journal of Time Series Analysis*. 2002.
- MAGAZZINO, C. *Energy Consumption and Aggregate Income in Italy: Cointegration and Causality Analysis*. *Munich Personal RePEc Archive (MPRA)*. (28494), 2011.
- MASIH, A., MASIH R. *Energy consumption and real income temporal causality, results from a multi-country study based on Cointegration and Error Correction Modeling Techniques*, *Energy Economics*, vol. 18: 165-183, 1996.
- OZTURK, ILHAN & ACARAVCI, ALI. *The causal relationship between energy consumption and GDP in Albania, Bulgaria, Hungary and Romania: Evidence from ARDL bound testing approach*. *Applied Energy*, Elsevier, vol. 87(6), pages 1938-1943, 2010.
- PERRON, P. *The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis*. *Econometrica*, vol. 57(6): 1361-1401, November 1989.
- SAIKKONEN, P. y LÜTKEPOHL, H. *Testing for a unit root in a time series with a level shift at unknown time*. *Econometric Theory*, vol. 18: 313-348, 2002.
- SIMS, C. *Macroeconomics and Reality*. *Econometrica*, vol. 48(1): 1-48, January 1980.
- SOYTAS, U. SARI, R. y OZDEMIR, O. *Energy Consumption and GDP Relations in Turkey: A Cointegration and Vector Error Correction Analysis*. *Economics and Business in Transition: Facilitating Competitiveness and Change in the Global Environment Proceedings*. *Global Business and Technology Association*. 838-844, 2001.
- YU, E.S.H., HWANG, B.K. *The relationship between energy and GNP: further results*. *Energy Economics*, vol. 6: 186-190, 1984.
- YU, E.S.H., y CHOI, J.Y. *The causal relationship between energy and GNP: an international comparison*. *Journal of Energy and Development*, vol. 10: 249-272, 1985.