

EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA, COLOMBIA, 2004–2016

DANIEL OSORIO BARRETO Y MARISOL PEREA TRUJILLO
Universidad Autónoma de Manizales, Manizales, Colombia

RESUMEN

Se presentan los resultados del estudio correlacional realizado entre las variables de producción departamental (PIB, PIB per cápita y empleo) y el crecimiento del consumo energético entre 2004 y 2016, para el departamento del Tolima. El propósito es conocer los factores macroeconómicos de la producción y el empleo que inciden en el consumo de energía, fundamentales para la adopción de políticas que aumenten la eficiencia de la economía y de la generación de energía eléctrica. La información fue tomada de bases de datos públicas. Se realizó un análisis de series de tiempo, detallando datos descriptivos. Se aplicó un modelo econométrico correlacional que arrojó como resultado una correlación moderada con una significancia del 10% entre las variables macroeconómicas y el consumo energético. Así, no se rechaza la hipótesis nula (H_0), que establece que no existe una relación entre estas dinámicas.

Palabras claves: Colombia, departamento del Tolima, consumo de energía, PIB, PIB per cápita, desempleo, crecimiento

Clasificaciones JEL: J11, O11

Correo electrónico: Daniel Osorio Barreto, dosoriob@autonoma.edu.co. Recibido: 1 de junio de 2019; aceptado: 6 de noviembre de 2019.

Economía & Región, Vol. 13, No. 2, (Cartagena, diciembre 2019), pp. 193 - 218

ABSTRACT

Electricity consumption in the department of Tolima, Colombia, 2004-2016

Our research question concerns the correlational association between GDP, GDP per capita and employment, on the one hand, and the growth of energy consumption, on the other, between 2004 and 2016, for the department of Tolima, Colombia. Our aim is to distinguish the main production-and-employment macroeconomic variables that affect the consumption of energy, a fundamental exercise for the adoption of policies to increase the efficiency of the economy and electricity generation. The data were taken from public databases. We undertook a time-series analysis, detailing descriptive data. We applied an econometric model that shows a moderate correlation with a 10% significance between the macroeconomic variables and energy consumption. We reject the null hypothesis (H0) that there is no relationship between these dynamics.

Key words: Colombia, department of Tolima, energy consumption, GDP, GDP per capita, unemployment, growth

JEL Classifications: J11, O11

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los temas centrales de investigación en economía ha sido el crecimiento económico y sus determinantes, entre ellos el estudio de la dinámica de los sectores económicos. Es por ello que, derivado de este problema, se ha venido cuestionando sobre la relación entre el consumo de energía eléctrica, como dinamizador de la actividad económica, y factores económicos que pudiesen explicarlo.

Específicamente, para el estudio del crecimiento económico departamental es necesario explorar sobre sus determinantes, sujeto a las particularidades de los territorios de análisis, donde algunos de estos sectores se erigen como motores claves que deben ser contemplados en la toma de decisiones de política económica. Teniendo en cuenta que esta dinámica es el resultado del ciclo económico, según Keynes (1936), el consumo de los bienes y servicios es parte

esencial de dicho ciclo, por lo tanto, es importante conocer el comportamiento de los servicios de primera necesidad, para este caso, el del consumo de energía eléctrica, y su afectación en dinámica económica.

Dado lo anterior, el presente trabajo pretende conocer algunas de las principales variables asociadas con el consumo de energía eléctrica para el departamento del Tolima, como economía estrechamente vinculada con el centro de producción de Colombia, para el período 2004-2016. Este trabajo es una aproximación a la comprensión de este fenómeno desde una perspectiva regional, teniendo en cuenta que los trabajos relacionados con este tema están asociados a un alcance nacional o un ejercicio comparativo entre países. En este sentido, se encuentra que la economía del Tolima aporta al PIB nacional, para el período analizado, un 2,42% en promedio, según el DANE.

El sector energético es una de las áreas de mayor tamaño en la economía del país, por hacer parte de los servicios de primera necesidad. En este sentido, Colombia presenta grandes recursos hídricos en su geografía y, por ende, la mayor parte de la fuente de energía es hidráulica.

Con el fin de contextualizar brevemente la dinámica del sector eléctrico en el país, cabe destacar que el sistema eléctrico colombiano propende por la articulación de las cuatro actividades principales: generación, distribución, transmisión y comercialización, encabezado por el Estado colombiano pero que, con el paso del tiempo, y con el financiamiento del Banco Iberoamericano de Desarrollo (BID), se crea la empresa encargada de esta administración: Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P (ISA) bajo una estructura de monopolio natural. Sin embargo, la integración vertical con la que contaba ISA presenta su quiebre estructural en 1992, asociado al intenso Fenómeno del Niño de dicha época ocasionando que la oferta no cubriese la demanda nacional. Adicionalmente, frente a las medidas de racionamiento y ahorro de energía establecidas de orden gubernamental una vez superada la crisis, se establecieron las leyes 142 y 143 de 1994.

Desde entonces, la estructura organizacional está conformada por las siguientes instituciones: Ministerio de Minas y Energía (Dirección), Unidad de Planeación Minero Energética (Planeación), Comisión de Regulación de Energía y Gas (Regulación), Consejo Nacional de Operación (Operación), Superintendencia de Servicios Públicos y Superintendencia de Industria y Comercio (Control y fiscalización). De esta manera, la nueva estructura promueve la libre competencia en este sector e impulsa la inversión de capital público y privado, mediante las actividades de los operadores de red.

Específicamente, para el caso del Tolima, la compañía Energética del Tolima

(Enertolima), es la encargada de la distribución y comercialización de energía eléctrica para el departamento; sin embargo, es importante resaltar que, aunque Enertolima funciona como operador de red, otras empresas también participan en el suministro de energía para el mercado no regulado.

A partir de los elementos de contextualización anteriores, el presente trabajo pretende conocer los factores macroeconómicos, específicamente aquellos asociados a la producción y el empleo, que inciden en el consumo de energía para el departamento de Tolima para el período comprendido de 2004 al 2016, con el fin de verificar la existencia una relación entre los mencionados factores, y de ser así, predecir, o por los menos estimar la tendencia del comportamiento de consumo de energía. Esta información puede servir para informar la toma de decisiones y la implementación de los procesos de mejora, que aumenten eficiencia y eficacia tanto en el sistema económico como en el energético para las áreas interesadas del departamento, y permitirá realizar proyecciones de comportamiento que apalanquen el establecimiento de políticas y programas que promuevan el crecimiento económico y la eficiencia energética.

II. ANTECEDENTES

Para conocer la forma en que algunas variables de producción y empleo están asociadas con el comportamiento de las dinámicas energéticas, se requiere mencionar primero la revisión de literatura que soporte la pregunta de investigación.

Como trabajos seminales se encuentran los artículos de Kraft y Kraft (1978), Asafu-Adjaye (2000), Soytaş y Sari (2003), Huang y Hwang (2008) y Chiou-Wei y Zhu (2008). Sin embargo, el trabajo base para la presente investigación es el de Ozturk (2010) quien, basado en los resultados contradictorios en la literatura existente a esa fecha, en la falta de consenso sobre la existencia del nexo entre crecimiento económico y crecimiento energético, y en la dirección de la causalidad, plantea las siguientes cuatro hipótesis:

- Crecimiento: unidireccional de consumo de energía al PIB.
- Conservación: Unidireccional del PIB al consumo de energía.
- Bidireccional de consumo de energía al PIB.
- Neutralidad del consumo de la energía al PIB.

En la literatura colombiana, se encuentra la predicción desarrollada por Medina y García (2005), el estudio de Barrientos, Olaya y González (2007), la propuesta de Cardona *et al.* (2008) y finalmente la investigación de Campo y Sarmiento (2011a); sin embargo, existen pocos estudios que examinen la relación entre el consumo de energía eléctrica y variables macroeconómicas a nivel regional.

De manera específica, se presenta una síntesis de la revisión de literatura realizada, clasificando los hallazgos según las hipótesis propuestas por Ozturk (2010).

CUADRO 1
Resumen de antecedentes

Autores	Año	Continente	País	Hipótesis	Dirección de causa
Kraft y Kraft	1978	América del Norte	E.E.U.U	Crecimiento	Crecimiento económico -> consumo energético
Asafu-Adjaye	2000	Asia	India	Conservación	Consumo de energía -> crecimiento económico
			Indonesia	Conservación	Consumo de energía -> crecimiento económico
			Filipinas	Retroalimentación	Bidireccional
			Tailandia	Retroalimentación	Bidireccional
Soytas y Sari	2003	G-7 y mercados emergentes	Alemania, Canadá, E.E.U.U, UK y el resto de mercados emergentes	Neutralidad	Sin relación causal
			Italia, Corea del Sur	Crecimiento	Crecimiento económico -> consumo energético
			Japón, Turquía y Francia	Conservación	Consumo de energía -> crecimiento económico
			Argentina	Retroalimentación	Bidireccional

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 1 (Continuación)
Resumen de antecedentes

Autores	Año	Continente	País	Hipótesis	Dirección de causa
Chang y Martínez	2003	Latinoamérica	México	Elasticidad	Elasticidad del precio es inelástica frente a la demanda
Medina y García	2005	América del Sur	Colombia	Elasticidad	El mejor desempeño para predecir la demanda lo tuvo el modelo de Redes Neuronales Artificiales (RNA)
Olaya y González	2007	América del Sur	Colombia	Relación	El PIB tiene una estrecha relación con la demanda de energía en el Valle del Cauca
Cardona et al.	2008	América del Sur	Colombia	Elasticidad	El componente determinístico del consumo energético tiene un comportamiento que coincide con el del PIB
Huang y Hwang	2008	82 países	Países catalogados como de bajos ingreso	Neutralidad	Sin relación causal
			Países en los grupos de ingresos medios, y medio-altos	Crecimiento	Crecimiento económico -> consumo energético
			Países con ingresos altos	Conservación	Consumo de energía -> crecimiento económico
Chiou-Wei y Zhu	2008	Asia y América del Norte	Tailandia, EEUU, Corea del Sur	Neutralidad	Sin relación causal
			Filipinas y Singapur	Crecimiento	Crecimiento económico -> consumo energético

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 1 (Continuación)
Resumen de antecedentes

Autores	Año	Continente	País	Hipótesis	Dirección de causa
			Taiwán, Malasia, Indonesia y Hong Kong	Conservación	Consumo de energía -> crecimiento económico
Bowden y Payne	2009	América del Norte	Estados Unidos	Neutralidad	Consumo total de energía primaria está asociado con el transporte y el PIB real
				Retroalimentación	Consumo comercial y residencial de energía primaria está asociado con el PIB real
				Conservación	Consumo de energía primaria industrial -> PIB real.
Velásquez et al.	2009	América del Sur	Colombia		De los tres modelos, la Red neuronal Autorregresiva con sus respectivos ajustes es la opción de mayor precisión
Campo y Sarmiento	2011a	América del Sur	Colombia	Retroalimentación	Bidireccional
Zhang	2011	Europa	Rusia	Retroalimentación	Bidireccional
Fallahi	2011	América del Norte	Estados Unidos	Retroalimentación	Bidireccional
Medina y Vicens	2011	Europa	España	Elasticidad	Consumo eléctrico como un bien in-elástico al ingreso
Campo y Sarmiento	2011b	Latinoamérica	Bolivia, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú y Uruguay	Elasticidad	La elasticidad del consumo de energía eléctrica respecto al PIB es baja

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 1 (Continuación)
Resumen de antecedentes

Autores	Año	Continente	País	Hipótesis	Dirección de causa
			Argentina, Brasil y Chile	Elasticidad	Consumo energético \rightarrow PIB
Guzmán et al.	2011	Latinoamérica	México	Elasticidad	Elasticidad precio para el corto es menor de 1, por lo cual es inelástica frente al consumo energético
					Ingreso per cápita e ingreso promedio del municipio, tiene la elasticidad en el largo plazo mayor de 1, es decir una demanda elástica
Barreto y Campo	2012	Latinoamérica	Colombia	Elasticidad	Presentó uno de los grados de sensibilidad más bajos esta correlación: 0,18% por cada 1% de variación en el PIB
Morales, Luyando y Flores	2012	Latinoamérica	México	Elasticidad	La energía es un bien inelástico, frente al crecimiento económico
Sharmin y Khan	2016	Africa	Etiopía, Marruecos y Mozambique,	Retroalimentación	Bidireccional
			Angola	Crecimiento	Crecimiento económico al consumo energético
			Tanzania	Neutralidad	No existe relación causal entre el consumo de energía y crecimiento económico

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 1 (Continuación)
Resumen de antecedentes

Autores	Año	Continente	País	Hipótesis	Dirección de causa
Bildirici	2016	Países con alto crecimiento en el mundo, altos ingreso y algunos pertenecientes a la OCDE	Países de OCDE con altos ingresos	Neutralidad	No existe relación causal entre el consumo de energía y crecimiento económico
			Países de altos crecimiento	Conservación	Consumo de energía hacia el crecimiento económico
			Francia y Brasil	Retroalimentación	Bidireccional
Yildirim	2017	Varios	Países pertenecientes a la OCDE	Retroalimentación	Consumo de energía per cápita y el PIB per cápita

Fuente: Elaboración propia.

A partir del Cuadro 1 es pertinente aclarar que las variables más frecuentes en los trabajos listados son el consumo de energía eléctrica, el PIB per cápita, el PIB total, el precio de la energía eléctrica y algunas variables asociadas al mercado laboral. En este sentido, se observa que cerca del 90% de los antecedentes seleccionan variables macroeconómicas como el PIB y la tasa de desempleo para sus modelos correlacionales de dinámica energética y económica, los cuales son estimados en diferentes países. Por la importancia de las variables macroeconómicas nacionales, la selección de estas variables probablemente se asocie, principalmente a la disponibilidad de información pública a nivel nacional de los países referenciados. Para el caso del presente documento, y en aras de investigar información desagregada por departamentos, reduce la información disponible y, por lo tanto, se considera pertinente seleccionar también las variables de PIB y tasa de desempleo.

Adicionalmente, resaltamos la teoría de Keynes (1936), quien analizó la incidencia de la demanda agregada sobre la producción y la generación del empleo, partiendo del consumo (de hogares y del gobierno) y la inversión (de las empresas) como motores de crecimiento económico. Dado lo anterior, la motivación de este trabajo se basa en los postulados de Keynes (1936) al pretender buscar relaciones entre algunas variables macroeconómicas (e.g.

producción, demanda agregada, ingreso, y empleo) y la demanda de energía eléctrica. La comprensión de estos modelos sirve para ayudar a la toma de decisiones de las empresas en aspectos tales como la definición de su margen, de sus perspectivas de inversión y de su comprensión del mercado laboral (y su incidencia en el consumo).

III. METODOLOGÍA

Se realizó una investigación de tipo cuantitativo, de corte explicativo correlacional, basado en la teoría propuesta por Keynes (1936). Se usó un diseño no experimental. En este sentido, la recolección de información se basa en fuentes secundarias del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), XM Compañía de Expertos en Mercados S.A. ESP, la Unidad De Planeación Minero-Energética (UPME), la Superintendencia Financiera de Colombia, entre otras fuentes. De manera detallada, el Cuadro 2 sintetiza las variables y fuentes usadas.

CUADRO 2
Variables y fuentes

Factor	Variable	Unidad	Estudios previos que respaldan la elección de la variable	Fuente en los estudios previos
PIB	PIB Departamental	Miles de millones	Kraft y Kraft (1978)	Base de datos del Bureau of Mines para E.E.U.U
	Crecimiento PIB	%		
Indicador económico del sector eléctrico	Consumo total en GWh sector no residencial	GWh	Soytas y Sari (2003)	Bases de datos de Anuario Estadístico de las Naciones Unidas y del Penn World Tables, Banco Mundial y Ministerio de Educación
			Chiou-Wei et al. (2008)	

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 2 (Continuación)
Variables y fuentes

Factor	Variable	Unidad	Estudios previos que respaldan la elección de la variable	Fuente en los estudios previos
Indicador económico del sector eléctrico	Consumo total en GWh sector residencial	GWh	Bowden y Payne (2009)	
			Chang y Martínez-Chombo (2003)	
			Barrientos, Olaya y González (2007)	Compañía de distribución de energía en el Valle de Cauca.
	Crecimiento consumo	%	Zhang (2011)	
	Facturación no sector residencial	En millones	Sharmin y Khan (2016)	Banco Mundial
	Facturación sector residencial	En millones	Sharmin y Khan (2016)	Banco Mundial
Empleo	Crecimiento de Empleo	%	Barreto y Campo (2012)	
	Población económicamente activa	En miles	Morales et al. (2012)	
	Población ocupada	En miles	Morales et al. (2012), Barreto y Campo (2012)	PIB del índice nacional de la actividad económica nacional
	Población en edad laboral	En miles	Morales et al. (2012)	PIB del índice nacional de la actividad económica nacional

Fuente: Elaboración propia.

Para la construcción de la base de datos, indicada en líneas anteriores, se eligió el período comprendido entre 2004 y 2016, según la disponibilidad de información asociada a las variables de consumo de energía eléctrica de Tolima.

Se eligió el modelo de series de tiempo de la ecuación (1):

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \mu_t^1 \quad (1)$$

Donde:

Y_t es la variación del consumo de energía eléctrica en el departamento del Tolima expresada en GWh, X_1 el crecimiento del PIB per cápita (en precios constantes de 2005), X_2 la variación de la tasa de desempleo, y μ_t un término de perturbación estocástico.

Adicionalmente, teniendo en cuenta la revisión de la literatura, se plantean las siguientes cuatro hipótesis, basadas en lo propuesto por Ozturk (2010), extendiendo el efecto hacia la variable empleo.

- Hipótesis nula (H0) – Hipótesis de neutralidad: No existe incidencia de la tasa de desempleo y el crecimiento económico sobre el consumo de energía eléctrica.
- Hipótesis alternativa:
 - H1: El crecimiento económico y la tasa de desempleo inciden sobre el consumo de energía eléctrica.
 - H2: El crecimiento económico incide sobre el consumo de energía eléctrica.
 - H3: La tasa de desempleo incide sobre el consumo de energía eléctrica.

IV. RESULTADOS

A. Análisis de la dinámica de la producción y el empleo en el Tolima

Con base en la información suministrada por el DANE, se observa que el ingreso per cápita para el departamento del Tolima fue volátil para algunos períodos, estando los primeros tres años (2005 - 2008) por encima de la media nacional, y alcanzado su máximo crecimiento en 2007 y 2008 con un 13%. Sin embargo, desde el 2009 hasta el 2012, estuvo por debajo de la media nacional (presentado un comportamiento decreciente llegando en el 2009 a un crecimiento de 0,9% únicamente), retornando entre 2013-2016 por encima de la media nacional.

¹ Se especifican en tasas de variación con el fin de que las series de tiempo sean estacionarias.

Adicionalmente, se observa que Tolima aporta al PIB nacional una participación de 2,04% con corte al 2016, presentando una pérdida en la producción nacional de 0,26 puntos porcentuales, desde 2004, cuando el aporte fue de 2,30%.

La población económicamente activa, según la encuesta GEIH, está entre el 50% y el 55%. También se indica que el porcentaje de la población en edad laboral, se encuentra entre el 75% y 80%, tanto para el departamento como para la media nacional. En cuanto a la tasa de participación, es más alta la del departamento que la nacional, presentado un valor mayor al 65% desde 2008, y oscilando entre 65 y 70% para el resto del período.

La tasa de desempleo departamental fue mayor a la media nacional en todo el período de tiempo, alcanzando en 2011 la brecha más alta con 6,4 puntos porcentuales de diferencia frente a la nacional (17,2% versus 10,8%). También se observa que, para el período de tiempo indicado, hay una disminución en esta brecha llegando en 2013 al puntaje más bajo departamental: 9,7%, estando por debajo de los dos dígitos durante dos períodos consecutivos, pero desde el 2015, nuevamente estuvo por encima del 10%, y se amplió la brecha frente a la media nacional, y quedó al cierre de 2016 en un 10,3%.

En cuanto a la tasa de ocupación se observa que, para el período analizado, el promedio de la tasa de ocupación para el Tolima fue mayor al total nacional (56,7% versus 55,3%), teniendo como nivel más bajo de ocupación el año 2007 con un 51,9% (año que concuerda con el nivel más bajo del total nacional, 51,7%).

B. Análisis de la dinámica del consumo energético en el Tolima

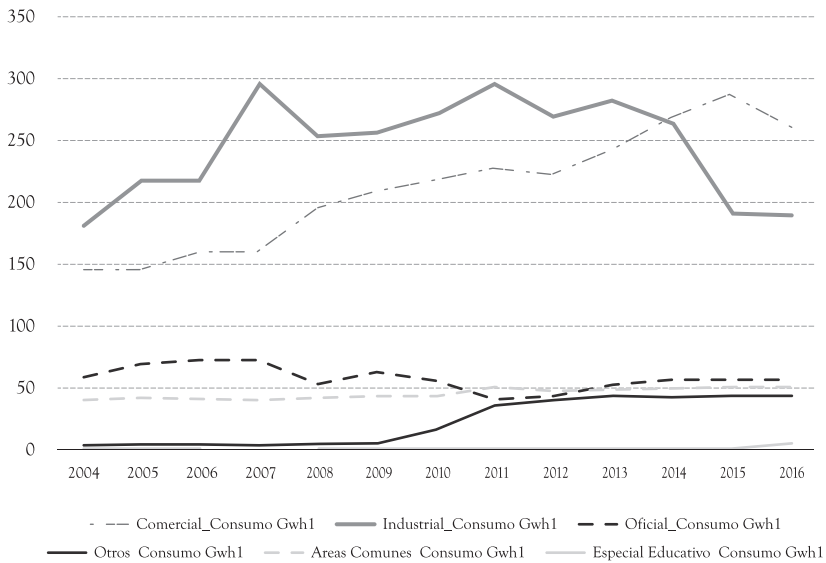
Para estudiar la dinámica del consumo energético en el departamento del Tolima, se requiere aclarar que este servicio público, regulado por la CREG, se encuentra segmentado en los mercados regulado y no regulado. Por una parte, según la resolución 131 de 1998 de la CREG, se considera como un cliente regulado, a la persona natural o jurídica que paga por el consumo de energía la tarifa indicada por la CREG, y por otra parte se considera como cliente no regulado, a cualquier persona, que tiene la capacidad de negociar su tarifa con la empresa de energía que mejor le convenga, siempre y cuando su consumo tenga un límite de 0,1 MW o 55 MWh.

Frente al establecimiento de precios cabe destacar que para el mercado no regulado los precios son fijados en común acuerdo entre el comercializador

y el cliente por lo que no aplica una tarifa fija. Además, cada cliente es libre de escoger un operador de red que le preste el servicio; mientras que, para el mercado regulado, es la CREG la que establece directamente la tarifa en KWh cada mes según el uso, estrato, nivel de tensión y ciudad donde se presta el servicio. Específicamente, para el caso del Tolima la empresa que funciona como operador de red es Enertolima, pero existen otras compañías que participan en el mercado no regulado.

A continuación, se describe la información referente al consumo y la facturación de energía para el Tolima, agrupada por sectores residencial, y no residencial, incluyendo su análisis de variaciones, y otros datos relevantes.

GRÁFICO 1
Consumo GWh, uso no residencial, 2004-2016

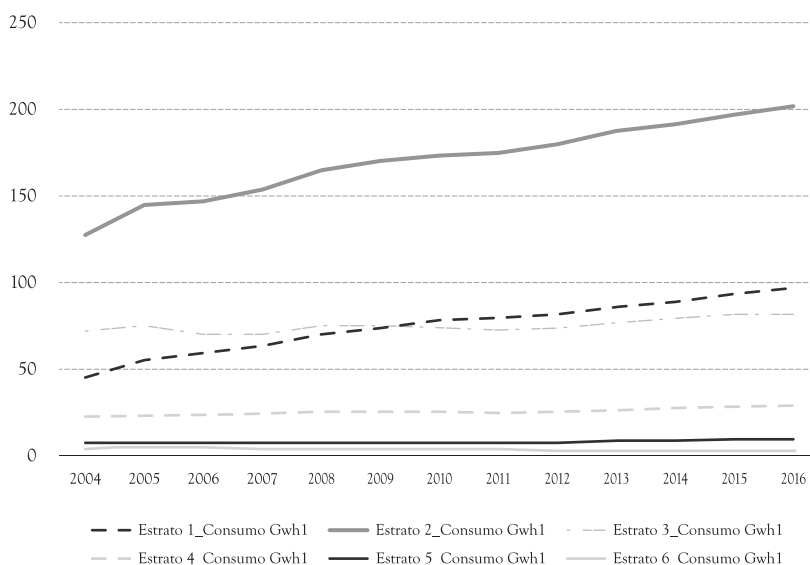


Fuente: Elaboración propia - Datos UPME.

El Gráfico 1 muestra que el consumo de uso no residencial estuvo concentrado (casi el 80%) en los sectores comercial e industrial, presentado el resto de sectores una pequeña participación. El sector industrial tuvo el mayor porcentaje, con un acumulado total de 42%, equivalente a 3.171 GWh, sin embargo, el sector comercial, cuenta solo con 6 puntos porcentuales menos, y

un consumo de 2.718 GWh. Adicionalmente, mientras que estos dos sectores tuvieron una tendencia al crecimiento en su consumo, los otros tuvieron un comportamiento constante para casi todo el período de tiempo. De otro lado, el consumo residencial fue de 5.552 GWh y el no residencial de 7.446 GWh, lo cual indica que concentra el 57% del consumo total acumulado.

GRÁFICO 2
Consumo GWh uso residencial, 2004-2016

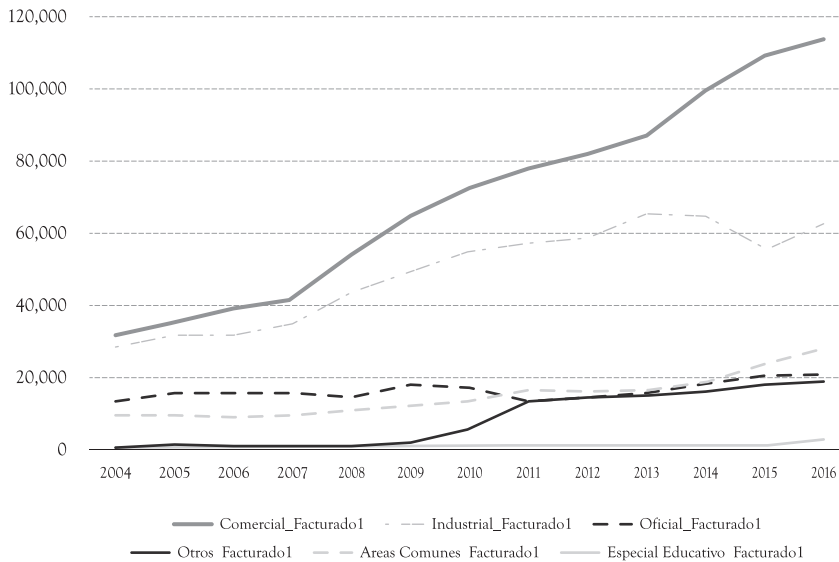


Fuente: Elaboración propia - Datos UPME.

En el ámbito residencial se destaca que el estrato 2 tuvo el mayor crecimiento y consumo, con un 48% de consumo acumulado de participación sobre todo el sector residencial y un 21% en el total acumulado (Gráfico 2). En el consumo total se tuvieron las siguientes participaciones: estrato 2, tiene el mayor consumo con 2.661 GWh, seguido del estrato 3 con 1.175 GWh, posteriormente está el estrato 1 con 1.165 GWh, para el estrato 4 se registran 389 GWh y finalmente los estratos 5, que aporta un consumo de 119 GWh, y 6, con 44 GWh.

El total de consumo acumulado fue de 5.552 GWh y entre los estratos 1,2 y 3, se concentró el 90% del consumo.

GRÁFICO 3
Facturación, uso no residencial, 2004-2016
 (millones de pesos)

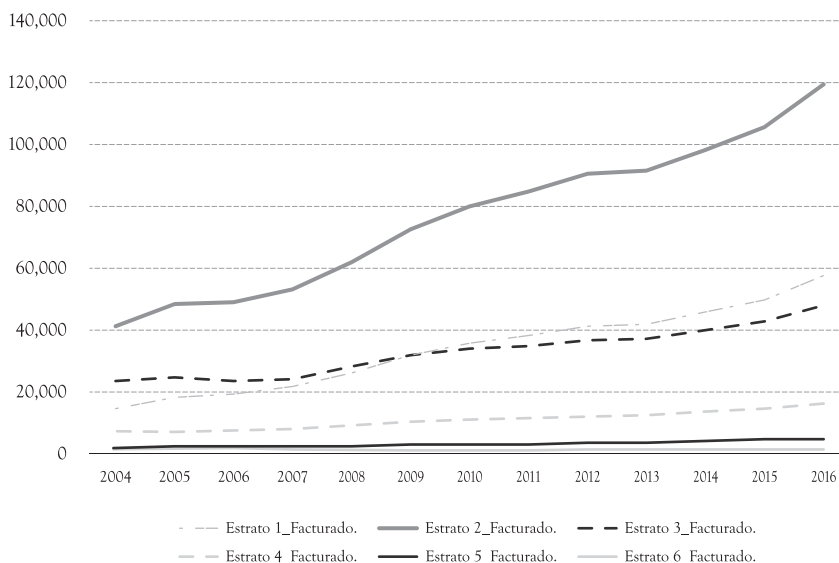


Fuente: Elaboración propia - Datos UPME.

Es importante resaltar la importancia de la facturación no residencial, donde el sector con mayor consumo no fue el de la mayor facturación, ya que el Gráfico 3 indica que el sector comercial tuvo el mayor aporte al total facturado no residencial, con un 44%, seguido del sector industrial, el cual tuvo el mayor consumo, y su aporte a la facturación fue del 31%.

El consumo comercial facturó COP \$1.238 millones, el industrial COP\$ 841 millones, el oficial COP\$ 312 millones, áreas comunes COP\$ 259 millones, otros COP\$ 115 millones, y especial educativo COP\$ 3 millones.

GRAFICO 4
Facturación, uso residencial, 2004-2016
(millones de pesos)



Fuente: Elaboración propia - Datos UPME.

La facturación total de energía entre el sector residencial y el no residencial, para el período indicado fue COP\$ 4.110 millones. El Gráfico 4 indica que el sector residencial aportó el 50,3%, a la vez que el estrato 2 mantuvo su alta participación durante este período, con un 48,2% de la facturación total para el sector residencial, y un 24% del total acumulado. Le siguieron en participación los estratos 1 y 3, con unas participación del 21% en la facturación acumulada en el sector residencial, y del 10% en el total de la facturación acumulada.

Finalmente, en cuanto a la facturación residencial, segmentándola por estratos, se tuvo una facturación acumulada de COP\$ 442 millones para el estrato 1, COP\$ 996 millones para el estrato 2, COP\$ 430 millones para el estrato 3, COP\$ 142 millones para el estrato 4, COP\$ 42 millones para el estrato 5 y COP\$ 15 millones para el estrato 6.

C. Análisis entre la dinámica de la producción y el consumo energético en el Tolima

El análisis de correlación arrojó los resultados indicados en el Cuadro 3.²

CUADRO 3
Análisis correlacional

VARIABLES	Consumo	Consumo residencial	Consumo no residencial	Crecimiento económico
Consumo				
Consumo residencial	0.4595			
Consumo no residencial	0.9738***	0.2456		
PIB per cápita	0.5449*	0.1432	0.5624*	
Tasa de desempleo	-0.2910	-0.2958	-0.2446	-0.3200

Nota: Todas las variables están expresadas en variación porcentual; para el análisis se tuvo en cuenta lo indicado por Cohen (1988), donde la correlación es baja con un puntaje de 0,1-0,3, moderada entre 0,31-0,5, y se categoriza una correlación alta cuando su puntaje es mayor que 0,51. *Significativo al 10%, **significativo al 5%, *** significativo al 1%.

Fuente: Elaboración propia.

Por una parte, con los datos obtenidos en relación con la variable de consumo total, se observa que la variable consumo residencial presentó una correlación (asociación lineal) moderada y no significativa a los niveles propuestos. Mientras que la variable consumo no residencial, presentó una correlación alta, y altamente significativa. Por otra parte, la variable de PIB per cápita, arrojó una correlación alta pero no significativa. Finalmente, la variable tasa de desempleo presentó una correlación baja, y no significativa.

Por lo tanto, al tener una correlación no significativa, en las variables socioeconómicas frente a la variable consumo total, se da un indicio para no rechazar la hipótesis nula (H0) - Hipótesis de neutralidad. En este sentido el resultado concuerda con los antecedentes indicados en el Cuadro 4.

² Todos los análisis están basados en un nivel de confianza del 95%.

CUADRO 4
Estudios previos con relación causal de neutralidad

Autores	Países
Soytas y Sari	Alemania, Canadá, E.E.U.U, UK y el resto de los mercados emergentes
Huang y Hwang	Países catalogados como de bajos ingresos
Chiou-Wei y Zhu	Tailandia, EEUU, Corea del Sur
Bowden y Payne	Estados Unidos
Sharmin y Khan	Tanzania
Bildirici	Países de la OCDE de altos ingresos

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el análisis de correlación, se ejecutó el análisis de regresión con el modelo indicado en la ecuación (2), donde Y_t es la variable consumo de energía eléctrica en Tolima, con unidad de medida GWh (Gigavatios por hora), y que está en función de X_1 la cual representa la variable crecimiento del PIB per cápita expresada a precios constantes de 2005, X_2 que es la variación de la tasa de desempleo, y μ_t que representa el término de perturbación estocástico.³

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \mu_t \quad (2)$$

Los resultados se muestran en el Cuadro 5.

CUADRO 5
Análisis de regresión

VARIABLES expl.	Coeficiente	Error estándar	Estadístico t	P-Value
PIB per cápita	0,004	0,005	0.83	0.430
Tasa de desempleo	-0,126	0,107	-1.18	0.269
Constante	2,606	1634315	1.59	0.145

Fuente: Elaboración propia.

³ Cabe destacar que las variables incluidas se especifican en tasas de variación con el fin de que las series de tiempo sean estacionarias.

Por un lado, los resultados del modelo de regresión propuesto indican que, en la medida en que aumente en 1% la variación del PIB per cápita del Tolima, el consumo de energía eléctrica aumentará -en promedio- 0,0040 GWh. De otro lado, en la medida en que aumente en 1% la tasa de desempleo, el consumo de energía eléctrica se reducirá, en promedio, 0,1264 GWh. Finalmente, la constante indica que independientemente de las variables mencionadas, el consumo de energía eléctrica es 2,6064 GWh en promedio.

Los resultados obtenidos muestran que el PIB per cápita tiene una incidencia positiva sobre el consumo de energía, mientras que la tasa de desempleo tiene una incidencia negativa acorde a lo que se esperaba desde la teoría económica; sin embargo, ninguno de los resultados es significativo estadísticamente acorde al nivel de significancia propuesto (5%).

Para confirmar la veracidad de las pruebas, el Cuadro 6 captura los resultados de la prueba de bondad de ajuste realizadas.

CUADRO 6
Prueba de bondad de ajuste

Prob > F	0.4834
Coefficiente de determinación	0.1492

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de las pruebas de bondad de ajuste indica que no hay significancia global y el coeficiente de determinación es bajo. Además, la bondad de ajuste no es alta debido a limitaciones en el número de observaciones y la posibilidad de que otros factores (diferentes a los macroeconómicos) sean los que expliquen la dinámica de consumo.

Por otra parte, se realizan otras pruebas de diagnóstico de especificación del modelo estadístico, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 7.

CUADRO 7
Otras pruebas estadísticas del modelo

Prueba	Test	P-Value
Normalidad	Jarque-Bera	0.6385
Heterocedasticidad	Breusch-Pagan	0.3741
Cointegración	Dickey-Fuller	0.0128

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados indican que los residuales del modelo planteado se distribuyen de manera normal, con varianza constante y con una relación a largo plazo entre variables (cointegración). Además, no hay problemas de correlación serial dado un estadístico Durbin-Watson de 1,6680.

Como se observa, la presente investigación sugiere cuáles son algunos de los principales factores macroeconómicos asociados a la producción, teniendo en cuenta la revisión de las variables usadas en los estudios previos, y las razones expuestas para su selección. Se analizó la dinámica económica que permitió conocer el comportamiento del PIB per cápita, el empleo y demás variables importantes; de la misma manera, se analizó el comportamiento del consumo energético en Tolima, su segmentación, facturación y estratos, datos que fueron fundamentales para el respectivo análisis de la relación existente en estas dinámicas, y que se presentó en esta sección con un mayor nivel de detalle.

V. CONCLUSIONES

En promedio el ingreso per cápita para el Tolima estuvo por debajo de la media nacional y redujo su participación en el PIB nacional. Las tres principales ramas del PIB departamental fueron: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca; actividades inmobiliarias; y actividades profesionales. En cuanto a los datos de mercado laboral del Tolima, se observó que entre un 50% y un 55% de la población es la que trabaja o busca empleo. Entre el 65% y 70% estuvo situada la tasa de participación laboral, mientras que la tasa de desempleo estuvo por encima de la media nacional.

Como resultado de la dinámica energética del Tolima, una vez realizada

la respectiva segmentación en sector residencial y no residencial, se observó que, para el consumo de uso no residencial, el sector comercial tuvo la mayor participación con un 36% del total acumulado, mientras que el sector industrial, consumió el 42% del total acumulado. Entre estos dos sectores consumieron el 78% de la energía, aproximadamente, y cuentan con el 10% de todos los suscriptores a corte de 2016.

Por otra parte, en el consumo de uso residencial, se posiciona el estrato 2, con un 48% de consumo acumulado. Para la facturación de uso no residencial, es relevante resaltar que el sector con mayor consumo no necesariamente es el de la mayor facturación, ya que el sector comercial tiene el mayor aporte al total facturado con un 44%, y seguido está el sector industrial, con un aporte a la facturación es del 31%. Esto se presenta por la capacidad de negociar la tarifa que tiene este sector, que es el caso contrario a lo que se presenta en la facturación de uso residencial, en la que el estrato 2 mantuvo su mayor participación tanto en consumo como en facturación con un 48%, seguido de los estratos 1 y 3 con una participación del 21%. Por lo tanto, la proyección y planes de expansión deben contemplar minuciosamente la afectación de este estrato, mientras que para el caso del sector no residencial es el sector comercial, al cual se le debe enfocar la mirada en el desarrollo de proyectos, sin por ello tener en menos al sector industrial.

En cuanto a las relaciones estadísticas entre el consumo de energía y las variables macroeconómicas analizadas, se evidenció una correlación moderada entre el consumo total de energía y el consumo no residencial con el PIB per cápita. De otro lado, cuando se estimó el modelo de regresión, se evidenció que los signos de los coeficientes que acompañan las variables de desempleo y PIB per cápita fueron coherentes con la intuición y los antecedentes revisados; sin embargo, no se evidenció significancia estadística. De esta manera, al no haber dicha significancia, en las variables socioeconómicas frente a la variable consumo total, se rechaza la hipótesis nula (H_0) - Hipótesis de neutralidad. Este resultado, se suma al obtenido en los estudios previos, y se comparan las posibles razones asociadas a este resultado, las cuales principalmente están vinculada a la limitante de información, y el nivel de importancia del sector energético en la producción nacional.

Dado lo anterior, es esencial destacar la principal limitación del trabajo asociada a la restricción de información frente a los históricos del consumo de energía (desde el 2004 para servicios de energía eléctrica), por lo tanto, en la medida en que las series de tiempo se amplíen se espera que los resultados sean más robustos.

Con los resultados obtenidos, se recomienda para próximos estudios contar con series de tiempo más extensas, ya que son los mínimos indicados en los estudios previos, y así mismo tener toda la información disponible ayudaría a mejorar los resultados y eliminar posibles sesgos en la información.

REFERENCIAS

- Asafu-Adjaye, John (2000), “The Relationship Between Energy Consumption, Energy Prices and Economic Growth: Time Series Evidence from Asian Developing Countries”, *Energy Economics*, Vol. 22, No. 6.
- AGRONET (2018), *Estadísticas*. [Recuperado en <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>]
- Baptista, María del Pilar., Fernández, Carlos., y Sampieri, Roberto (2010), *Metodología de la investigación*, quinta edición, México DF, México: McGraw Hill.
- Barreto Nieto, Carlos Alberto, y Campo Robledo, Jacobo (2012), “Relación a largo plazo entre consumo de energía y PIB en América Latina: Una evaluación empírica con datos panel”, *Ecos de Economía*, Vol. 16, No. 35.
- Barrientos, Andrés Felipe., Olaya, Javier., y González, Víctor (2007), “Un modelo spline para el pronóstico de la demanda de energía eléctrica”, *Revista Colombiana de Estadística*, Vol. 30, No. 2.
- Bildirici, Melike (2016), “The Relationship between Hydropower Energy Consumption and Economic Growth”, *Procedia Economics and Finance*, No. 38.
doi.org/10.1016/S2212-5671(16)30198-8
- Bowden, Nicholas y Payne, James (2009), “The Causal Relationship Between US Energy Consumption and Real Output: A Disaggregated Analysis”, *Journal of Policy Modeling*, Vol. 31, No. 2
- Campo, Jacobo y Sarmiento, Viviana (2011a), “Un modelo de corrección de errores para la relación entre el consumo de energía y el PIB en Colombia (1970-2009)”, *Revista Finanzas y Política Económica*, Vol. 3, No. 1.
- Campo, Jacobo, y Sarmiento, Viviana (2011b), “Relación Consumo de Energía Eléctrica y PIB: Evidencia desde un Panel Cointegrado de 10 países de América Latina entre 1971-2007” [Recuperado:http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/eventos/archivos/Seminario29_2011.pdf.]
- Cardona, Carlos Jaime., Velásquez, Juan David., y Olaya, Yris (2008), “Caracterización de la demanda mensual de electricidad en Colombia usando

- un modelo de componentes no observables”, *Cuadernos de Administración*, Vol. 21, No. 36.
- Cibertol (2018), “El Tolima” [Recuperado en <http://www.cibertol.com/tolima/ubicacion.htm>]
- Chang, Yoosoon., y Martinez-Chombo, Eduardo (2003), *Electricity demand analysis using cointegration and error-correction models with time varying parameters: The Mexican case.* (Working Paper No. 2003-10). Houston: Rice University.
- Chiou-Wei, Song Zan., Ching-Fu, Chen., y Zhu, Zhen (2008), “Economic Growth and Energy Consumption Revisited. Evidence from Linear and Nonlinear Granger Causality”, *Energy Economics*, Vol. 30, No. 6
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) (2018), “Contenidos RSS” [Recuperado en <http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/energia/como-funciona-energia>]
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) - Banco de la República (2018), “Informe de coyuntura económica regional Departamento de Tolima” [Recuperado en <http://www.banrep.gov.co/publicaciones-serie/2450/Tolima>]
- DANE (2018), “Cuentas Nacionales Departamentales”] Recuperado en <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales>
- DANE (2018), “Glosario de términos gran encuesta integrada de hogares GEIH” [Recuperado en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/glosario_GEIH13.pdf]
- DANE (2018), “Mercado laboral” [Recuperado en <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/mercado-laboral-por-departamentos>]
- DANE (2018), “Pobreza monetaria y multidimensional en Colombia 2017” [Recuperado en <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/pobreza-monetaria-y-multidimensional-en-colombia-2017>]
- Fallahi, Firouz (2011), “Causal Relationship Between Energy Consumption (EC) and GDP: A Markov-Switching (MS) Causality”, *Energy*, Vol. 36, No. 7. [doi.org/10.1016/j.energy.2011.04.027]
- Fedesarrollo (2018), “La economía del departamento del Tolima: diagnóstico y perspectivas de mediano plazo”, Bogotá
- Granger, Clive y Newbold, Paul (1974), “Spurious Regressions in Econometrics”, *Journal of Econometrics*, Vol. 2, No. 2 [doi.org/10.1016/0304-4076(74)90034-7]

- Guzmán, Eugenio., Rodríguez, José Rafael., Hernández, Juvencio., y Rebollar, Samuel (2011), "Consumo de energía eléctrica para uso doméstico en San Juan del Río, Querétaro", *Análisis Económico*, Vol. 26, No. 61.
- Huang, Bwo-Nung., Hwang, Ming-Jeng., y Yang, Chin Wei (2008), "Causal Relationship Between Energy Consumption and GDP Growth Revisited: A Dynamic Panel Data Approach", *Ecological Economics*, Vol. 67, No. 1 [doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.11.006]
- Keynes, John Maynard (1965), *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*, México DF: Fondo de Cultura Económica.
- Kraft, John y Kraft, Arthur (1978), "On the Relationship Between Energy and GNP", *Journal of Energy and Development*, Vol. 2, No. 3 [Recuperado en https://www.jstor.org/stable/24806805?seq=1#page_scan_tab_contents]
- Medina, Santiago y García, Josefina (2005), "Predicción de demanda de energía en Colombia mediante un sistema de inferencia difuso neuronal", *Energética*, No. 33
- Medina, Eva y Vicéns, José (2011), "Factores determinantes de la demanda eléctrica de los hogares en España: una aproximación mediante regresión cuantílica", *Estudios de Economía Aplicada*, Vol. 29, No. 2.
- Ozturk, Ilhan (2010), "A Literature Survey on the Energy-Growth Nexus", *Energy Policy*, Vol. 38, No. 1.
- Morales, Dionicio., Luyando, José., y Flores, Daniel (2013), "Determinantes del consumo de energía eléctrica residencial de la Zona Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, en México", *Universidad & Empresa*, Vol. 14, No. 22 [doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.024]
- Screpanti, Ernesto y Zamagni, Stefano (1997), *Panorama de historia del pensamiento económico*, Barcelona: Ariel S.A.
- Sharmin, Farzana y Khan, Mohammed (2016), "A Causal Relationship between Energy Consumption, Energy Prices and Economic Growth in Africa", *International Journal of Energy Economics and Policy*, Vol. 6, No. 3.
- Soytas, Ugur y Sari, Ramazam (2003), "Energy Consumption and GDP: Causality Relationship in G-7 Countries and Emerging Markets", *Energy Economics*, Vol. 25, No. 1 [doi.org/10.1016/S0140-9883(02)00009-9]
- Superintendencia Financiera de Colombia (2018), "Información periódica trimestral" [Recuperado en: <https://www.superfinanciera.gov.co/publicacion/61031>]
- Velásquez, Juan David., Franco, Carlos Jaime., y García, Hernán Alonso (2009), "Un modelo no lineal para la predicción de la demanda mensual de electricidad en Colombia", *Estudios Gerenciales*, Vol. 25, No. 112.

- X.M S.A E.P.S (2018), “Informe de Operación del Sistema Interconectado Nacional y Administración del Mercado” [Recuperado en <http://informesanuales.xm.com.co/2017/SitePages/Default.aspx>]
- X.M S.A E.P.S (2018), “Mercado de energía” [Recuperado <http://www.xm.com.co/Paginas/Mercado-de-energia/descripcion-del-sistema-electrico-colombiano.aspx>]
- X.M S.A E.P.S (2018), “Información inteligente” [Recuperado en <http://informacioninteligente10.xm.com.co/Pages/default.aspx>]
- Yildirim, Hasan Huseyin (2017), “Economic Growth and Energy Consumption for OECD Countries”, *Regional Studies on Economic Growth, Financial Economics and Management*, Vol. 2, No. 1.
- Zhang, Yue-Jun (2011), “Interpreting the Dynamic Nexus Between Energy Consumption and Economic Growth: Empirical Evidence from Russia”, *Energy Policy*, Vol. 39, No. 5. [doi.org/10.1016/j.enpol.2011.01.024]