



DOCUMENTO DE TRABAJO 2014-01
Relación de Largo Plazo entre el Producto Interno Bruto y el Consumo de Energía Eléctrica de República Dominicana 1991-2011



DOCUMENTO DE TRABAJO 2014-01

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA

*RELACIÓN DE LARGO PLAZO ENTRE EL PRODUCTO INTERNO
BRUTO Y EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE
REPÚBLICA DOMINICANA (1991-2011).*

Elaborado por: Francisco J. Cruz Castillo

Revisado y aprobado por: Rosina Hernández Moreira

Dirección de Planificación y Desarrollo

Distrito Nacional, República Dominicana, mayo 2014

Relación de largo plazo entre el Producto Interno Bruto y el Consumo de Energía Eléctrica de República Dominicana (1991-2011).

Francisco J. Cruz Castillo¹

RESUMEN

El presente estudio analiza la relación de causalidad entre el Producto Interno Bruto (PIB) y el consumo de energía eléctrica de República Dominicana y viceversa. Los resultados obtenidos demuestran la existencia de una relación de largo plazo entre el PIB y el consumo de energía eléctrica, determinándose que la dirección es del PIB hacia el consumo de energía eléctrica (Conservación de Energía). Esto es atribuible, primordialmente, a que el crecimiento de la economía ha estado sustentado sobre la base de actividades productivas menos intensivas en el uso de la energía eléctrica. Por lo tanto, la aplicación de políticas y medidas orientadas a promover el nivel de producción puede inducir a que el consumo de energía eléctrica se incremente; en tanto que medidas de ahorro y eficiencia energética no tendrían un efecto negativo sobre el PIB.

Palabras claves: PIB, consumo energía eléctrica, República Dominicana, conservación de energía, intensidad energética.

¹ Puede escribirnos a través del correo electrónico de Rosina Hernández a rhernandez@cne.gov.do y a Francisco Cruz a fcruz@cne.gov.do. En caso de que necesite algún tipo de información energética del país puede contactar al Sistema de Información Energético Nacional a sien@cne.gov.do o visitando nuestra página: www.cne.gov.do. Agradecemos a Félix Cabral, Gisela Marcelino y Miguel Sarante por su colaboración en la revisión de este documento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA Y REVISIÓN DE LA LITERATURA EXISTENTE	6
2.1 Revisión de literatura existente	7
2.1.1 Resultados en otros países	8
2.1.2 Resultados en República Dominicana	10
2.1.3 Relación de causalidad entre el PIB y el Consumo Energía Eléctrica	12
2.1.4 Otros indicadores propuestos	13
2.1.5 Comparación de Intensidad Energética con países de la Región	14
2.2 Metodología empleada	16
3. RESULTADOS EMPÍRICOS	22
3.1 Resultados econométricos	27
3.2 Análisis de otros indicadores	31
4. CONCLUSIONES	35
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
6. ANEXOS	41

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico alcanzado por la economía mundial después de la Revolución Industrial (siglo XVIII) no tiene precedentes; dicho crecimiento ha estado asociado a la utilización de la energía que ha permitido la producción de bienes a gran escala. Hoy en día, este crecimiento es mayor que en aquella época y la humanidad consume cincuenta veces más energía que hace un siglo². Por tanto, se hace evidente que existe una estrecha relación de causalidad entre el Producto Interno Bruto de una economía y su consumo energético. La dirección de dicha relación varía de región en región, incluso entre los países que componen esas regiones geográficas.

Para mejorar la calidad de vida de la población y lograr el crecimiento económico, es necesario el acceso al consumo de energía. El contar con acceso directo a la energía implica un crecimiento permanente del consumo energético, razón por la cual es de suma importancia que este aumento se sustente bajo las bases de criterios que permitan controlar las externalidades negativas sobre la salud y el medioambiente producidas principalmente por el uso de de las fuentes energéticas convencionales, que merman las metas propuestas por las naciones en desarrollo económico sustentable.

² Casilda, Ramón (2002). Boletín Económico de ICE N° 2750. Página 32.

La intensidad en la utilización de la energía para producir cada unidad de producto ha sido referida por la literatura como Intensidad Energética, indicador que ha sido utilizado como parámetro muy superficial de la medición de la eficiencia energética.

El presente estudio evalúa la relación de largo plazo entre el Producto Interno Bruto de República Dominicana y el consumo energético a través de la metodología de *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) para la determinación de las raíces unitarias, el análisis de cointegración de Johansen para determinar si existe relación de largo plazo y la prueba de causalidad de Granger para determinar la dirección de la relación entre las variables.

La República Dominicana del año 1991 al 2011 registró un crecimiento económico promedio anual de 5.9%, mientras el crecimiento promedio anual para igual período de tiempo del consumo eléctrico fue de 5.5%. Esto denota que el crecimiento de la economía ha sido superior al crecimiento del consumo eléctrico sin necesariamente ser causa de que la demanda de energía eléctrica tenga dicho comportamiento, pues la demanda está restringida por la “gestión de demanda” que efectúan las distribuidoras de electricidad. De todos modos, se comprueba que la economía, durante el período estudiado, ha estado sustentada sobre actividades con un menor requerimiento energético que en períodos anteriores.

Según los resultados, no se comprueba que la relación de causalidad entre el PIB y el consumo energético total sea significativa. Sin embargo, el análisis respecto al consumo de energía eléctrica sí permite dar evidencia de que el PIB causa o determina el comportamiento del consumo de energía eléctrica; esta relación es conocida como "Conservación de Energía". Por ello las medidas tendentes a promover el crecimiento del PIB tienen un impacto en igual sentido sobre el consumo eléctrico mientras que las medidas que implican la reducción del consumo de energía eléctrica, como son las de ahorro y eficiencia energética, no ponen en peligro el desempeño económico del país.

Este estudio está dividido en tres secciones: en la primera sección se revisa el marco general y metodológico para realizar este análisis, a la vez que se estudian los resultados de otros países de la región; en la segunda sección se analiza el caso empírico de República Dominicana, y finalmente, en la tercera, se enumeran las conclusiones principales de este análisis.

2. METODOLOGÍA Y REVISIÓN DE LA LITERATURA EXISTENTE

Desde inicios del siglo pasado la economía mundial ha crecido de una forma sin precedentes en la historia de la humanidad. Actualmente consumimos cincuenta veces más energía que hace un siglo³. Las previsiones de organismos internacionales como la *International Energy Agency* es que este consumo seguirá creciendo a tasas elevadas y con predominio de derivados del petróleo y carbón. Con todo esto, la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico son muy estrechas: “sin energía abundante la base productiva y el tejido social de nuestro mundo sencillamente se desmoronarían; con energía abundante, cualquier avance es posible porque, en suma, la producción y el consumo son, en buena medida, funciones energéticas” (Casilda 2002). Y como menciona Peter Voser⁴ (2011) «la energía es el “oxígeno” de la economía y es la sangre que da vida al crecimiento». Por su parte Bouille (2004) se refiere a esta relación indicando que la energía es una actividad “de base” para la economía, que “alimenta” las actividades productivas; es por esto que el proceso de crecimiento económico está íntimamente asociado con un incremento en el consumo de energía. Indica además que el «análisis de la evolución del desarrollo ha permitido distinguir eras energéticas (madera, carbón y petróleo) las cuales

³ Casilda, Ramón (2002). Boletín Económico de ICE N° 2750. Página 32.

⁴ Chief Executive Officer de Royal Dutch Shell, participante del documento para el World Economic Forum de la Comunidad de Líderes Energéticos del 2011.

han jugado un rol vital en el desarrollo económico condicionando tanto la magnitud como el tipo de desarrollo generado⁵».

2.1 REVISIÓN DE LITERATURA EXISTENTE

La revisión de trabajos que identifican e interpretan la relación de causalidad entre el PIB y el consumo energético, realizados para decenas de países tanto desarrollados como en vías de desarrollo, muestra diferencias considerables entre estos. Diversos autores atribuyen estas diferencias a cuestiones metodológicas y a las series de tiempo empleadas; adicionalmente, consideran que la estructura particular de cada país define la relación de las variables, por lo que cambios estructurales en la composición de la economía influyen de forma determinante sobre el consumo energético del país.

Desde hace varias décadas se ha analizado la relación entre estas variables, determinando las elasticidades de largo plazo entre las mismas a través del uso de la Función de Producción Cobb-Douglas, según la ecuación (1):

$$\ln(\text{PIB})_{it} = \alpha + \beta_{1,i} \ln(K)_{i,t} + \beta_{2,i} \ln(L)_{i,t} + \beta_{3,i} \ln(E)_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

Donde la simbología de las variables es la tradicionalmente empleada por la literatura y E representa el consumo de energía.

⁵ Bouille, Daniel (2004). Economía de la Energía, página 42.

2.1.1 RESULTADOS EN OTROS PAÍSES

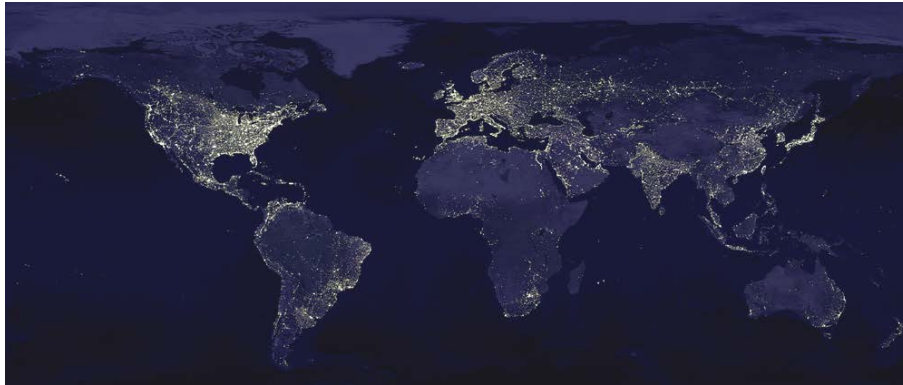
En esta materia, los autores pioneros más reconocidos por sus investigaciones y aportes para el análisis metodológico fueron Kraft y Kraft, en el trabajo "*Relationship between Energy and GNP*" (1978), del cual se deriva una gran cantidad de estudios que en la actualidad siguen utilizando dicha referencia para este tema. En la tabla A3 se lista una selección de estos estudios, evidenciándose una multiplicidad de metodologías⁶ y resultados.

Atendiendo a los resultados de estos estudios, se determina que existen diferencias importantes entre los países, de acuerdo a las distintas regiones y bloques de países del mundo. Visto desde una imagen gráfica del consumo de energía eléctrica mundial, identificamos que aquellos países con un mayor crecimiento económico están más "iluminados" que aquellos de menor desarrollo según imagen 1⁷.

⁶ Véase un mayor detalle de estos resultados en Farhani y Ben Rejeb (2012) *Link between Economic Growth and Energy Consumption in Over 90 Countries*.

⁷ Referirse al anexo 1 para una visualización gráfica de los resultados de la relación entre el consumo de energía y el crecimiento de los países en términos de mapas.

Imagen 1. Vista nocturna del mapa mundial.



Fuente: Earth Observatory de la NASA (<http://earthobservatory.nasa.gov/>).

Para América Central y el Caribe se han realizado varios estudios, entre ellos vale mencionar los siguientes:

- Apergis y Payne (2009) que determinaron una relación desde el Consumo Energético hacia PIB (crecimiento económico) a través de la metodología de Cointegración de Datos de Panel de Pedroni y el ECM;
- Francis et al. (2010) el cual estudió la necesidad de aplicar eficiencia en el consumo, distribución y producción de energía para países del Caribe, obteniendo una relación bidireccional entre el consumo de energía y el PIB per cápita;
- Farhani y Ben Rejeb (2012) realizaron un estudio para 90 países, incluyendo a República Dominicana como país dentro del grupo de ingresos medios altos (junto a 17 países más como Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Jamaica y México); este análisis determinó que para estos países, al igual que los de ingresos medios bajos, la relación es

bidireccional por lo que los incrementos en la oferta energética inducen a impactos positivos sobre el crecimiento de la economía, pero además, los shocks negativos en la oferta energética tendrían impactos adversos sobre el crecimiento económico.

2.1.2 RESULTADOS EN REPÚBLICA DOMINICANA

No obstante las referencias descritas en relación a otros estudios, para el caso específico de República Dominicana no se tiene registro de ningún trabajo investigativo particular que analice la relación de las variables analizadas en el presente documento de trabajo.

Por su parte, Fundación Bariloche (2004, 2008 y 2013) en los estudios de la Prospectiva de la Demanda de Energía para la República Dominicana realiza un análisis de estimación de la demanda de energía con métodos econométricos y la aplicación del modelo *Long Range Energy Alternatives Planning System (LEAP)*⁸. Advierte que «puesto que el consumo de energía se origina en los requerimientos de los hogares y de las actividades productivas de bienes y servicios, resulta evidente plantearse la hipótesis de una vinculación causal entre la evolución de los agregados económicos y con aquel consumo»⁹. Resalta que dicha relación es más clara a nivel del consumo final de energía, evidenciándose en la gráfica A2.1

⁸ Este es un modelo ampliamente empleado en la región que permite realizar estimaciones robustas de la oferta y demanda de energía con la utilización de datos de un año base. Desarrollado por el Stockholm Environment Institute y es un modelo analítico del tipo bottom-up ya que la relación es desde datos más desagregados a los más agregados.

⁹ Fundación Bariloche (2008). Prospectiva de la Demanda de Energía de la República Dominicana, página 91.

que existe un alto grado de correlación lineal simple entre las variables con un valor determinado de 0.972 y, según sus análisis, no se pudo rechazar la hipótesis de causalidad del PIB sobre el Consumo Final de Energía a través del Test de Granger al nivel de significación del 1%. Se desechó además la existencia de correlación espuria aplicando el método de Cointegración de Johansen a las series expresadas en términos logarítmicos¹⁰.

El análisis de la intensidad energética fue también realizado con resultados positivos sobre la evolución a través del tiempo del indicador, en donde el país da muestra de mejoras en la utilización de la energía, puesto que requiere en promedio menos energía para producir igual valor de producto¹¹.

Adicionalmente, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en el 2008¹² realizó una publicación en la cual abordó la situación actual del sector energético, identificando las principales problemáticas y proponiendo soluciones para corregir las dificultades y barreras, presentando una visión hacia el año 2030 para este sector. En esta publicación identifican la mejora en la intensidad energética en los últimos 30 años, y una elasticidad de la demanda de energía respecto al PIB inferior a la unidad, asociándola a que la base productiva

¹⁰ Estas metodologías serán explicadas más adelante. Se abunda más en los detalles de los resultados en la sección de resultados empíricos.

¹¹ Obviamente la relación es sobre el PIB a precios constantes para aislar los efectos de precios corrientes.

¹² Véase más en La República Dominicana en 2030: Hacia una Nación Cohesionada" elaborado por la CEPAL, bajo la coordinación de Víctor Godínez y Jorge Máttar con apoyo del MEPyD, página 400.

del país está sustentada sobre actividades menos intensivas del uso de energía como son el turismo, zonas francas, comunicaciones y actividades agropecuarias.

2.1.3 RELACIÓN DE CAUSALIDAD ENTRE EL PIB Y EL CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA

Según la literatura¹³, la relación de causalidad entre las variables objeto de estudio puede describirse en cuatro direcciones:

- Neutralidad: cuando no se encuentra causalidad entre las variables o el efecto es muy pequeño como indican los trabajos de Akarca y Long (1980), Yu y Choi (1985), entre otros.
- Conservación de la energía: causalidad en una sola dirección de PIB hacia Consumo Energético (CE), con el cual la aplicación de políticas de conservación de energía tendrá un efecto casi nulo o nulo sobre el crecimiento económico del país o región considerado, tal como concluyen las investigaciones de Kraft y Kraft (1978) para Estados Unidos.
- Crecimiento económico: causalidad en una sola dirección de CE hacia PIB, por lo que políticas de conservación de energía tendrían efectos desfavorables sobre el desenvolvimiento económico, siendo este resultado igual a lo que determina el trabajo de Soyta et al (2001) para Turquía.
- Retroalimentación: causalidad en ambas direcciones, corroborado por las investigaciones de Erol y Yu (1987) para Italia y Japón.

¹³ Squalli (2007), Ozturk (2010), Magazzino (2011) y Campo (2011).

2.1.4 OTROS INDICADORES PROPUESTOS

El indicador de Intensidad Energética se define como la relación entre el consumo de energía y el producto, este último expresado en términos reales para aislar los impactos del incremento del precio del dinero sobre el valor de la producción (ecuación 2). Ha sido utilizado de una manera muy general como indicador de la eficiencia energética de un país, ya que evalúa cuántas unidades de energía son necesarias para producir una (1) unidad (peso dominicano) de producto o riqueza. Asociándose que, a un valor elevado, se tienen altos costos de conversión de energía para la producción de riqueza y viceversa.

El problema con esta interpretación es que puede resultar muy estricta en su conceptualización, obviando que, para países en crisis económica, una disminución en intensidad energética puede estar reflejando una contracción del PIB y no un uso más eficiente de la energía.

$$\text{Intensidad Energética} = \frac{\text{Consumo de Energía (CE)}}{\text{Producto Interno Bruto (PIB real)}} \quad (2)$$

Por su parte, Stern (1999) señala que la intensidad energética puede variar por cambios estructurales en la composición productiva. Si el proceso de desarrollo del país está en la fase de desindustrialización, el incremento del producto del

sector terciario (servicios) puede llevar a una reducción del consumo energético debido a un menor peso relativo del sector secundario (industrias).

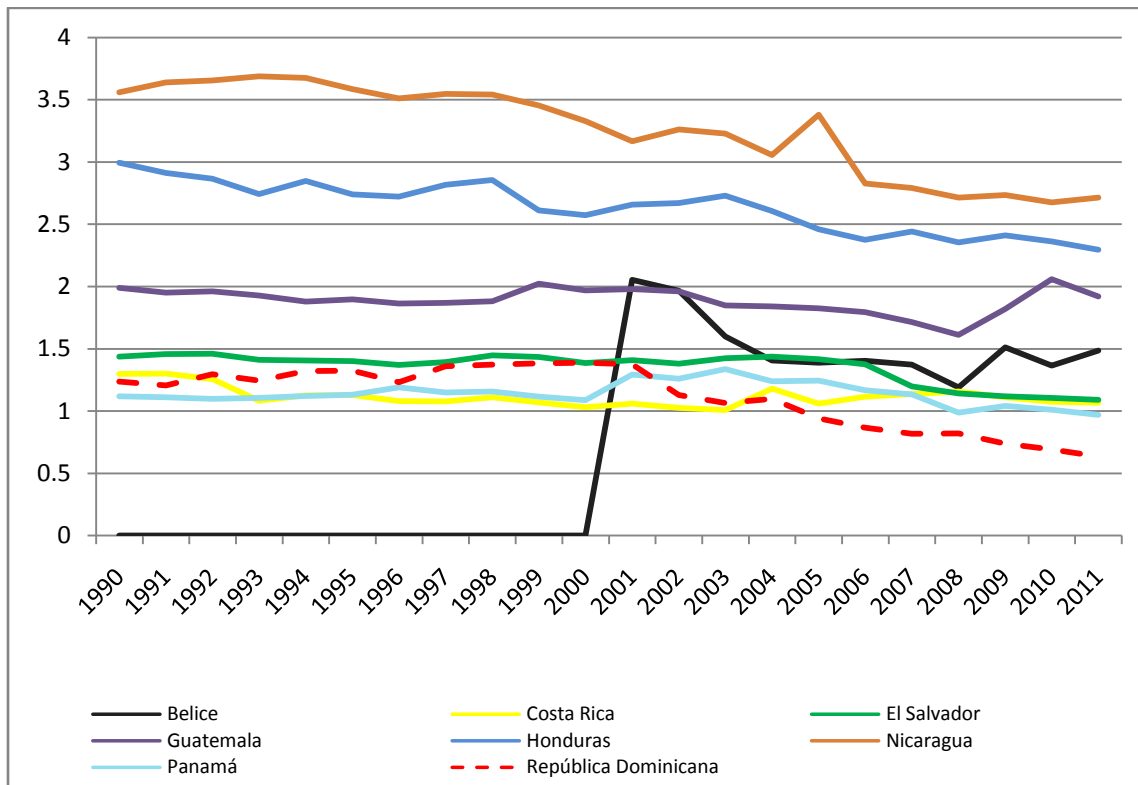
Además, según Costantini y Martini (2009) la aplicación de medidas de ahorro y eficiencia energética no siempre inducen a la reducción del consumo, debido a un “efecto de rebote” que consiste en que las innovaciones técnicas en ahorro de energía inducen la introducción de más aparatos y electrodomésticos en la industria y los hogares, causando una mayor utilización de energía debido a que el ahorro producido conlleva a la adquisición de una mayor cantidad de bienes y servicios para aumentar la calidad de vida.

2.1.5 COMPARACIÓN DE INTENSIDAD ENERGÉTICA CON PAÍSES DE LA REGIÓN

Desde el año 2013 la República Dominicana forma parte de los países del Sistema de Integración Centroamérica (SICA). Junto con Belice, Costa Rica, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá.

En este sentido, a continuación se muestra el comparativo de la evolución de las intensidades energéticas de los países del SICA, en miles de barriles equivalentes de petróleo por millón de dólares de PIB a precios constantes de 2005. En la gráfica 1 se evidencia que en los últimos 20 años los países de la región han mostrado un decrecimiento o mantuvieron el nivel del indicador.

Gráfica 1. Intensidad Energética países del SICA-RD¹⁴ (kBep/MMUSD₂₀₀₅₌₁₀₀)

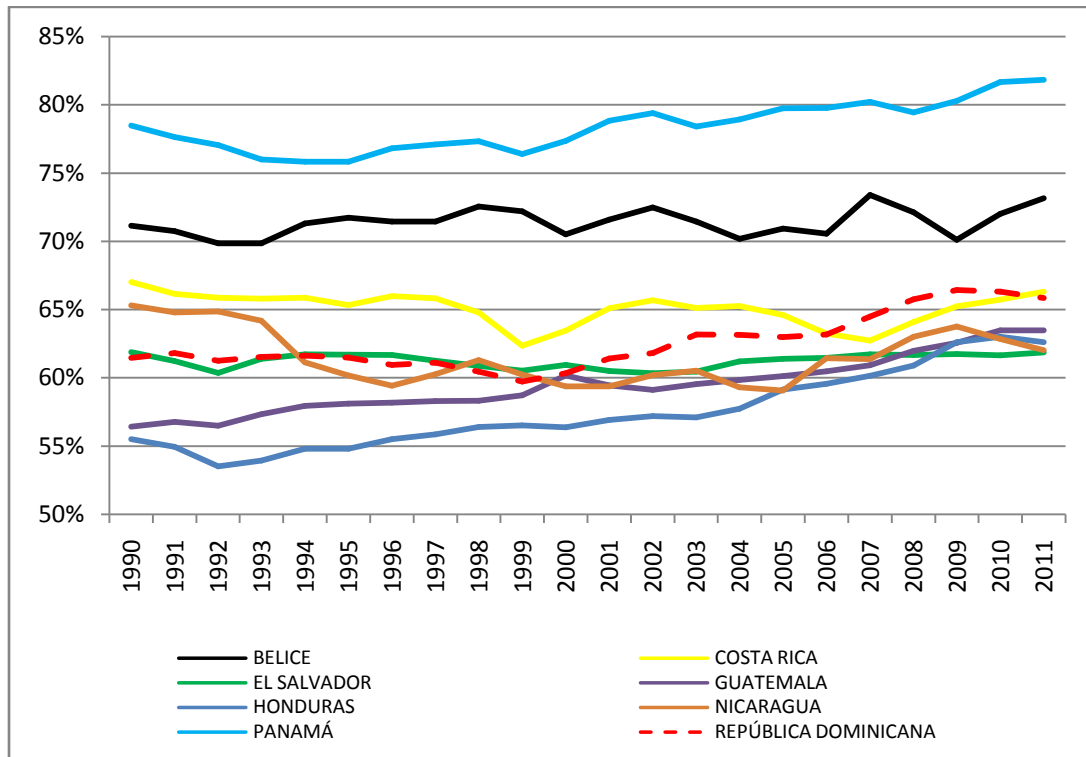


Fuente: Comisión Económica de América Latina y el Caribe (CEPAL)

Esto es contrastable con el gráfico 2, que muestra el incremento de la ponderación, en la mayoría de los países de la región del SICA, del sector terciario respecto al valor agregado total medidos en millones de dólares a precios constantes del año 2005. Como se verá más adelante, al menos para el caso de República Dominicana, esta es una de las explicaciones de la reducción de la Intensidad Energética.

¹⁴ El caso de República Dominicana se analizará en mayor detalle posteriormente y con otras unidades de medida por conveniencia del análisis.

Gráfica 2. Ponderación del Sector Terciario en el Valor Agregado países del SICA-
RD (MMUSD₂₀₀₅₌₁₀₀)



Fuente: Comisión Económica de América Latina y el Caribe (CEPAL)

2.2 METODOLOGÍA EMPLEADA

Para el caso específico de la República Dominicana, el estudio se realiza empleando datos de la serie histórica del Banco Central de la República Dominicana para el Producto Interno Bruto (PIB) desde el 1991 hasta el 2011 a precios de 1991 mientras que los datos del consumo de energía son tomados de la base de datos de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), con informaciones de la Comisión Nacional de Energía. Y para el análisis por

habitante fue utilizada información de la Oficina Nacional de Estadística (ONE) para el mismo período de tiempo.

La metodología empleada es la de regresión lineal de los logaritmos de las variables para las estimaciones de las elasticidades según la relación de causalidad comprobada. A diferencia de otras investigaciones, este análisis no contempla la relación con los precios ni el consumo por sectores, debido a que los datos disponibles cuentan con algunas inconsistencias que más que aportar, pueden inducir a resultados incorrectos¹⁵. No obstante, en nuestro caso no sería tan determinante realizar este tipo de comparaciones ya que como es conocido por todos los involucrados en el sector, una de la peculiaridades de nuestra estructura es que precios de los energéticos no necesariamente responden a criterios de mercado, siendo estos utilizados como instrumento político-social; para citar ejemplos del sector energético podríamos mencionar el caso de los precios de las gasolinas que previo a las últimas elecciones presidenciales se mantuvieron estáticos durante varias semanas y los precios de la energía eléctrica no han sufrido modificaciones desde mediados del año 2011, entre otras razones.

Analíticamente podríamos expresar la relación de las variables de la siguiente forma:

¹⁵ Este tipo de análisis sectorial produce resultados más interesantes en términos de política económica. El problema con estos datos es que el consumo que se tiene no considera las pérdidas (cerca de un 35% actualmente) y por ende, es una buena porción que no es conocida con exactitud y que no ha sido estudiada en profundidad para determinar qué tanto es atribuible a cuestiones técnicas y qué no.

$$\ln(PIB)_t = \alpha + \beta_1 \ln(CONSENERG)_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\ln(CONSENERG)_t = \alpha + \beta_1 \ln(PIB)_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

Se realiza como análisis inicial una evaluación de varias fuentes energéticas como la Leña, Derivados del Petróleo y Energía Eléctrica medidas en kTep¹⁶. Debido a los resultados obtenidos en este análisis inicial y la confiabilidad de los datos, la investigación se enfoca en la relación con la energía eléctrica.

Para evaluar criterios econométricos como la estacionalidad de la serie se procedió a realizar el análisis conocido como *Augmented Dickey-Fuller Test* (ADF), el cual busca determinar si la serie bajo estudio presenta estacionalidad revisando la misma a nivel y sus primeras diferencias según:

$$\Delta\lambda_t = \alpha_1 + \alpha_2 + \Phi\lambda_{t-1} + \beta_1 \sum_{i=1}^m \Delta\lambda_{t-i} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Donde λ es nuestra variable de interés, Δ es el diferencial, t la tendencia de tiempo y el operador de diferenciación, y ε es el ruido blanco residual con media cero y constante y varianza constante, las demás son los parámetros a ser estimados por el modelo. Si la prueba de estacionalidad es significativa, la serie de la variable es estacionaria y no tiene una prueba de raíz unitaria. Entonces la hipótesis nula se rechaza y la hipótesis alternativa sería aceptada. Si la prueba de estacionalidad no es significativa, la serie de la variable no es estacionaria y

¹⁶ kTep representa miles de toneladas equivalentes de petróleo. En análisis de energía es conveniente convertir las unidades físicas en una unidad común para permitir su comparación ya que por ejemplo, la leña es medida en toneladas, las gasolinas en litros o galones, los combustibles para generación eléctrica en barriles, metros cúbicos, etc.

tiene una prueba de raíz unitaria, de este modo la hipótesis nula se acepta. Las hipótesis para este estudio se describen así:

$$H_0 : \Phi \neq 0 (\lambda_t \text{ no es estacionaria}) \quad (6)$$

$$H_1 : \Phi = 0 (\lambda_t \text{ no es estacionaria}) \quad (7)$$

Adicionalmente, se realiza el análisis de cointegración de Johansen para examinar la relación de largo plazo entre las variables y rechazar la correlación espuria entre las variables. Se consideran los siguientes niveles de Vectores Autoregresivos (VAR), con X_t definida como los logaritmos naturales de, por ejemplo, derivados de petróleo, electricidad, leña y PIB:

$$X_t = c + \sum_{j=1}^p \Gamma_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t \quad (8)$$

En el caso de que las variables en X_t son $I(1)$, los VAR en la ecuación 8 no son estacionarios. Si no existe cointegración, la inferencia estadística no es posible utilizando las pruebas usuales. Dada esta condición, la diferencia de las series debe ser determinada y un VAR de la primera diferencia debe ser estimado de esta forma:

$$\Delta X_t = c + \sum_{j=1}^p \Gamma_j + \Delta X_{t-j} + \varepsilon_j \quad (9)$$

Los vectores de integración dan vida a la variable estacionaria. Si este es el caso, el VAR en la ecuación 9 puede ser escrita como sigue:

$$X_t = c + \sum_{j=1}^p \Gamma_j + \Delta X_{t-j} + \Pi \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (9b)$$

En la ecuación 9, Π es una matriz de rango r que puede ser dividida como:

$$\Pi = \alpha\beta' \quad (10)$$

Donde α es una matriz de carga $3 \times r$ y β es una matriz de vectores de cointegración $3 \times r$, r es el número de vectores de cointegración. Siguiendo el procedimiento de Johansen, el número de vectores de cointegración son probados utilizando los VAR de cointegración como se muestra en la ecuación 9.

Finalmente, se examina la causalidad de las variables a través de la prueba de causalidad de Granger. Si los valores p de la variable Y contribuyen significativamente a las proyecciones de los valores futuros de otra variable X , entonces Y tiene una relación de causalidad de Granger con X y viceversa. La prueba se basa en las ecuaciones 11 y 12.

$$Y_i = y_0 + \sum_{z=1}^p \gamma_z Y_{t-z} + \sum_{i=1}^q \lambda_i X_{t-1} + \mu_t \quad (11)$$

$$X_i = \phi_0 + \sum_{z=1}^p \sigma_z X_{t-z} + \sum_{i=1}^q \psi_i Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (12)$$

Donde Y_1 y X_1 son las variables de prueba, μ_t y ε_t son los términos de error, y t representa los períodos de tiempo z e i según los números de retardos. En este caso, la hipótesis nula es que $\lambda_i = \psi_i = 0$ para todas las i . En la hipótesis alternativa $\lambda_i \neq 0$ y $\psi_i \neq 0$ para al menos algunos i si el coeficiente λ_i son significantes, pero si ψ_i es no significativo, entonces X tiene causalidad de

Granger sobre Y. En el caso de que ambos coeficientes sean significativos, entonces la causalidad se produce en ambas direcciones. Las pruebas descritas fueron realizadas bajo la plataforma del software EViews en su versión 7.0. La descripción de las variables es la siguiente:

Tabla 1. Descripción de las variables.

Representación	Variable	Descripción	Fuente
ELEC	Consumo de Energía Eléctrica	Valores en kTep incluyendo los autoprodutores	SIEE-OLADE
DEROIL	Consumo de Derivados de Petróleo	Valores en kTep; incluye GLP, gasolinas, kerosene, diesel oil y fuel oil	SIEE-OLADE
LENA	Consumo de Leña	Valores en kTep	SIEE-OLADE
CONSENERT	Consumo Energético Total	Valores en kTep; incluye además de las fuentes citadas más arriba, todas las demás fuentes como carbón, resto de primarias, coque y demás gases	SIEE-OLADE
PIB	Producto Interno Bruto	Valores a precios constantes de 1991	Banco Central de la República Dominicana
Población	Población	Estimaciones de población del 1990-2020	Oficina Nacional de Estadística

** Todas las series son para el período 1991-2011.

** SIEE-OLADE: Sistema de Información Económico Energético de la Organización Latinoamericana de Energía.

** Donde aparezca delante de las variables las letras "l" o "d" se refiere al logaritmo y la diferencia, respectivamente.

3. RESULTADOS EMPÍRICOS

En vista de que la infraestructura de generación de electricidad nacional es altamente dependiente de la importación de combustibles fósiles, y recientemente es que el país ha estado incursionando en inversiones para aprovechar recursos energéticos renovables a gran escala, tales como energía eólica y solar, se crean presiones importantes sobre la balanza comercial, la asignación de los recursos de los programas sociales del Estado¹⁷, los requerimientos de divisas para la compra de dichos energéticos¹⁸, la inflación¹⁹, entre otros efectos que no serán analizados en el presente estudio, pero que de una manera u otra limitan la capacidad productiva del país como la competitividad por los altos precios de generación de electricidad.

En este apartado se analiza la relación de causalidad, entre el PIB y el consumo de energía eléctrica y viceversa, para así identificar el impacto que puede tener la aplicación de medidas de política energética²⁰ tendentes a controlar la demanda de energía eléctrica, diferenciando en este punto las medidas de eficiencia energética que si bien reducen el consumo de energía eléctrica, no

¹⁷ Esto ha sido identificado por la actual gestión gubernamental del Presidente Medina en el Decreto No. 167-13 que declara de emergencia nacional la necesidad de incrementar la generación de energía eléctrica.

¹⁸ Véase más en el documento elaborado por la Unidad Asesora de Análisis Económico y Social del MEPyD en 2005: El Crecimiento de los Precios del Petróleo y sus Repercusiones en la Economía Dominicana.

¹⁹ Véase más en el documento elaborado por Ramírez, Francisco (2012) Petróleo e Inflación en la República Dominicana: Análisis Empírico para el período 2000-2011.

²⁰ CEPAL (2008) utiliza una excelente definición para Política Energética: "es el conjunto de ideales, objetivos, prioridades, enfoques, acciones y criterios establecidos por el Estado para orientar el funcionamiento del sector energético en un sentido que favorezca el desarrollo económico, social, ambiental e institucional de acuerdo con la política general de desarrollo y el proyecto de país".

implican la disminución del confort, y que en términos de una economía en su conjunto lo relacionaríamos con lograr el mismo nivel de producción, por parte de quien o sobre quien se aplican dichas medidas.

Es importante en este punto resaltar que el consumo de energía eléctrica en los últimos 20 años ha crecido a una tasa promedio anual de 5.5%, siendo los sectores residencial e industrial los de mayor consumo según los balances energéticos que elabora OLADE²¹ con información proporcionada por la Comisión Nacional de Energía. Por su parte, el crecimiento promedio de la economía ha sido de 5.9% en dicho período. La correlación entre el consumo de energía total y el PIB es de 0.5 mientras que respecto al PIB y el consumo de energía eléctrica es de 0.88, dando así indicios de un mayor grado de asociación lineal entre el PIB y el consumo eléctrico que respecto al energético total.

Adicionalmente, el sector eléctrico de República Dominicana tiene unas particularidades muy marcadas que lo distinguen de otros países considerados de ingreso medio alto, como el hecho de que:

- Las pérdidas técnicas y no técnicas son superiores al 35% según informaciones relevadas por la CDEEE (2013).

²¹ OLADE es la Organización Latinoamericana de Energía que, según informaciones oficiales, elabora año tras año los balances energéticos de los países de la región así como estudios y capacitaciones de vital importancia para el desarrollo y fortalecimiento institucional de las entidades encargadas de las estadísticas energéticas y la aplicación de la política económica. Por su parte, un Balance Energético es una contabilización sistemática de los principales flujos de las fuentes de energía tanto primaria como secundaria desde su extracción, producción, transformación, distribución hasta su consumo final, así como el uso de fuentes energéticas para usos no energéticos.

- Es un sistema altamente dependiente de combustibles fósiles importados, representando los mismos más del 80% de la matriz de generación eléctrica, según los Balances de Energía que publica esta CNE.
- Las inversiones en el sector en términos de infraestructura de generación, así como de transmisión y distribución son inferiores a los niveles necesarios para mejorar el sistema y, de este modo, suplir la demanda de energía de forma confiable y eficiente como indica la Estrategia Nacional de Desarrollo al 2030.
- Asociado a lo anterior, la demanda abastecida es inferior a la estimada en cerca de un 20%, es decir, las distribuidoras de electricidad se ven forzadas a realizar una gestión de demanda para el suministro de energía a los consumidores finales.
- La tasa de electrificación se sitúa en menos del 95%²² y las provincias que tienen menor nivel son aquellas que cuentan con comunidades muy alejadas de las redes y que las inversiones necesarias para su electrificación no son comercialmente atractivas para las distribuidoras en sentido general.
- El gobierno anualmente ha tenido que desembolsar millones de dólares para subsidiar el sector, con un acumulado en los últimos 5 años (2008-2012) de aproximadamente MMUSD 5,000 según datos del Ministerio de Hacienda. Es evidente que este sector consume recursos que podrían ser

²² Según datos al 2010 de la Unidad de Electrificación Rural y Suburbana (UERS) y la Comisión Nacional de Energía (CNE), ver en el anexo A4 el cuadro por provincia.

utilizados en políticas públicas que tengan un impacto positivo en toda la sociedad y especialmente en la clase más vulnerable del país.

- La opinión de altos ejecutivos del sector privado es que el sector eléctrico afecta la competitividad²³ de las empresas por el alto precio de la energía eléctrica y el desabastecimiento que provoca la necesidad de buscar alternativas de abastecimiento adicional.

Como se puede observar en la Tabla 2, la composición del PIB en el período bajo estudio ha estado sustentado por el sector terciario con un aporte incremental sobre el primario e industrial, siendo las comunicaciones una de las ramas que más aporta al PIB, la cual no es intensiva en el uso de energía eléctrica. Mientras que otras ramas más intensivas en el uso de energía eléctrica pierden peso frente a las menos intensivas.

Como se indicó en el apartado anterior, Fundación Bariloche en 2008 realizó un estudio de Prospectiva de Demanda de Energía para la República Dominicana donde encontraron presencia de autocorrelación serial para el período de 1985-1991, período en el cual se produce una reducción significativa del nivel de consumo energético, con lo cual adicionaron una variable binaria (D8591) para diferenciar este período para la ecuación 13.

²³ Véase más en el informe: República Dominicana 2010-2020 (2010) de la Comisión Internacional para el Desarrollo Estratégico de la República Dominicana de Attali Associés, página 28; adicional en CEPAL (2008) página 488.

Tabla 2. Participación de las ramas de actividad económica en el PIB (1991-2010)

Sectores/Ramas de Actividad	1991	1995	2000	2005	2010
Agropecuario	12.4	10.7	8.5	8.4	7.5
Industrias	32.5	33.2	34.3	31.3	25.8
Explotación de Minas y Canteras	1.4	1.1	0.9	0.8	0.2
Manufactura Local	21.8	21.5	22.0	21.3	18.8
Manufactura Zonas Francas	4.5	4.8	5.4	4.8	2.4
Construcción	4.7	5.8	6.0	4.5	4.3
Servicios	48.0	48.4	46.8	51.5	53.8
Energía y Agua	1.3	1.6	1.8	1.4	1.4
Comercio	10.3	10.8	10.2	8.6	9.0
Hoteles, Bares y Restaurantes	4.7	6.7	7.0	7.6	6.1
Transporte y Almacenamiento	5.5	5.7	6.5	5.8	5.1
Comunicaciones	2.3	3.2	4.6	11.5	17.3
Alquiler de Viviendas	9.6	8.1	6.1	6.1	5.1
Otras	14.4	12.3	10.7	10.3	9.8
Valor Agregado	92.9	92.3	89.5	91.2	87.2
Impuestos a la producción netos de subsidios	7.1	7.7	10.5	8.8	12.8

Fuente: Banco Central de la República Dominicana.

$$\ln CFE_t = \alpha_1 + \beta_1 * \ln PBI_t + \beta_2 * D8591_t + \varepsilon_t \quad (13)$$

Con esta estimación se determina que las variaciones del PBI aportan una explicación muy significativa a la varianza de CFE y la elasticidad de CFE-PBI es de 0.80.

Entonces, se hace necesario medir el impacto posible del consumo energético sobre el PIB y viceversa. Un resumen de los principales resultados se presenta a continuación en la tabla 3.

3.1 RESULTADOS ECONOMÉTRICOS

Tabla 3. Análisis de prueba de raíz unitaria.

Variables	Intercepto		Intercepto + tendencia	
	Nivel	Primera diferencia	Nivel	Primera diferencia
Electricidad	-1.359405 (0.5808)	-5.825689 (0.0002)**	-2.278324 (0.4255)	-5.742975 (0.0010)**
Derivados de Petróleo	-2.687806 (0.0953)	-1.053361 (0.7101)	-1.356714 (0.8420)	-3.733557 (0.0449)**
Leña	-1.432214 (0.5459)	-3.001747 (0.1558)	-3.001747 (0.1558)	-6.278158 (0.0004)**
Consumo Total de Energía	-3.411046 (0.0229)**	-3.397734 (0.0243)**	-1.905312 (0.6144)	-3.833193 (0.0374)**
PIB	-0.703185 (0.8241)	-3.382616 (0.0250)**	-2.760475 (0.2265)	-3.259786 (0.1030)

Fuente: Elaboración Propia. ** Significa que es estadísticamente significativo al 5%.

En esta tabla 3 se identifica que en datos a nivel las variables no tienen raíz unitaria (a excepción del consumo total de energía), sin embargo en sus primeras diferencias la hipótesis nula es rechazada, y la hipótesis alternativa es aceptada, por lo que las variables son estacionarias. Partiendo de este resultado, se prosigue a evaluar la cointegración a través de la prueba de Johansen. La tabla 4 muestra que utilizando la prueba "trace" y de valor "max-eigen", 3 ecuaciones de cointegración fueron encontradas al nivel de 5%. Como esta prueba de cointegración indica que existe relación de largo plazo entre las variables, pero

no indica en qué dirección es esta relación, se efectúa la prueba de causalidad de Granger para determinar dicha dirección.

Tabla 4. Resultados de la prueba de cointegración de Johansen

Orden	Trace Statistic	Valor crítico (Trace) al 5%	Max-Eigen Statistic	Valor crítico (Eigen) al 5%
$r = 0$ **	116.7061	69.81889	56.24566	33.87687
$r \leq 1$ **	60.46047	47.85613	30.47964	27.58434
$r \leq 2$ **	29.98083	29.79707	16.14578	21.13162
$r \leq 3$	13.83504	15.49471	13.70527	14.26460
$r \leq 4$	0.129776	3.841466	0.129776	3.841466

** Rangos estadísticamente significativos al nivel de 5%.

De los resultados de la tabla 5 se identifica que para la República Dominicana la relación de causalidad entre las variables es del PIB hacia el consumo de energía eléctrica, al rechazarse la hipótesis nula y aceptarse la alternativa. No se demuestra que las diferencias del consumo de energía afecten al Producto Interno Bruto, sin embargo el nivel de PIB sí impacta sobre el consumo de energía eléctrica.

En este sentido, se demuestra que la implementación de políticas por parte del Estado orientadas al ahorro y uso racional de la energía, al igual que las de eficiencia energética no afectan al desempeño económico del país. Podría incluso afirmarse, que la implementación de estas medidas tendrían un efecto beneficioso puesto que provocarían una reducción en las importaciones de combustibles, al ser un país importador neto de fuentes energéticas, y por ende

mejorarían el saldo de la balanza comercial, así como otros impactos no cuantificables sobre el medio ambiente²⁴.

Tabla 5. Resultados de la prueba de causalidad de Granger.

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
LELEC does not Granger Cause LCET	20	2.37886	0.1414
LCET does not Granger Cause LELEC		2.73354	0.1166
LOIL does not Granger Cause LCET	20	0.39178	0.5397
LCET does not Granger Cause LOIL		0.54322	0.4712
LPIB does not Granger Cause LCET	20	0.71483	0.4096
LCET does not Granger Cause LPIB		2.12917	0.1628
LWOOD does not Granger Cause LCET	20	0.15832	0.6957
LCET does not Granger Cause LWOOD		1.22759	0.2833
LOIL does not Granger Cause LELEC	20	5.17631	0.0361**
LELEC does not Granger Cause LOIL		4.88578	0.0411**
LPIB does not Granger Cause LELEC	20	4.48317	0.0493**
LELEC does not Granger Cause LPIB		0.03595	0.8519
LWOOD does not Granger Cause LELEC	20	0.00772	0.9310
LELEC does not Granger Cause LWOOD		3.37098	0.0839
LPIB does not Granger Cause LOIL	20	2.93422	0.1049
LOIL does not Granger Cause LPIB		1.28616	0.2725
LWOOD does not Granger Cause LOIL	20	2.47826	0.1339
LOIL does not Granger Cause LWOOD		1.00219	0.3308
LWOOD does not Granger Cause LPIB	20	3.82917	0.0670
LPIB does not Granger Cause LWOOD		4.03106	0.0608

** Relaciones estadísticamente significativas al nivel de 5%.

La aplicación de medidas de uso racional de energía, tales como la programación de los acondicionadores de aire a una temperatura de 24°C y la desconexión y apagado de equipos eléctricos que no se estén utilizando, reducen la demanda

²⁴ Según estimaciones de la empresa de generación EGEHAINA el factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado (SENI) de República Dominicana es de 0.74 kilogramo de CO₂ equivalente por kWh producido. Con un nivel de generación de 13,848.5 GWh en 2012 según la CNE para el SENI, se calcularía un total de 10.25 millones de toneladas de CO₂ equivalente tan solo ese año.

de electricidad y podría llegar a significar el retraso en la instalación de unidades de generación al Sistema Nacional Eléctrico Interconectado.

Estas medidas, si son aplicadas masivamente, pueden atenuar los picos de la curva de carga del sistema y reducir el costo marginal del sistema. Una variación en la matriz de generación de energía eléctrica también aporta al logro de ciertos objetivos macroeconómicos, independizando al país de la importación de combustibles fósiles.

De igual forma, se encuentra una relación de causalidad bi-direccional entre el consumo de energía eléctrica y los derivados de petróleo que está explicado básicamente en el hecho de que las fuentes energéticas provenientes del petróleo son las de mayor peso dentro de la matriz de generación eléctrica, representando actualmente cerca de un 80% de los combustibles utilizados.

Según los resultados de los análisis presentados en las tablas anteriores, podemos estimar la ecuación de regresión según la ecuación 4 expuesta en la descripción metodológica con la adaptación de que será respecto al consumo de energía eléctrica (ecuación 16):

$$\ln(\text{CONSERNET})_t = \alpha + \beta_1 \ln(\text{PIB})_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$\ln(\text{ELEC})_t = \alpha + \beta_1 \ln(\text{PIB})_t + \varepsilon_t \quad (14)$$

La magnitud de la elasticidad según los resultados es de 0.8684, similar al 0.80 encontrado por Fundación Bariloche (2008) con la salvedad de que para estos últimos el análisis fue realizado respecto al Consumo de Energía total. De todos modos, la elasticidad sigue siendo muy alta pero inferior a la unidad como resaltan Godínez y Máttar en el estudio de CEPAL (2008). Esto está asociado al hecho de que la economía crece a una tasa superior al crecimiento del consumo eléctrico porque el crecimiento económico ha sido sustentado sobre actividades menos intensivas en el uso de energía eléctrica.

3.2 ANÁLISIS DE OTROS INDICADORES

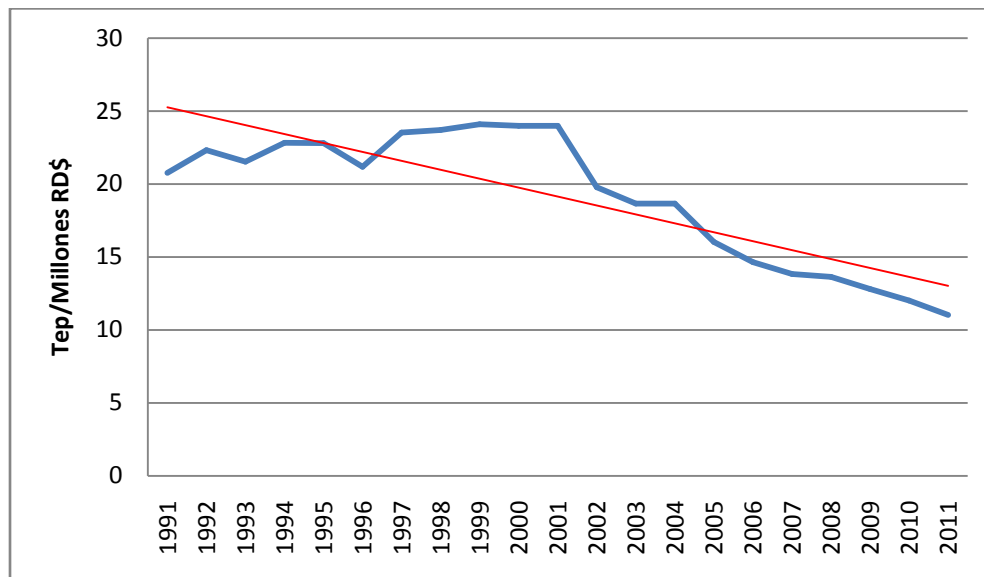
Para analizar el indicador de Intensidad Energética se parte también del estudio realizado por Fundación Bariloche (2008), donde identifican las limitaciones que tiene este indicador en cuanto a que su evolución en el tiempo se ve afectada por los cambios en la tecnología de producción y por la composición por fuentes de la energía utilizada como insumo²⁵. Identifican una brusca reducción de la intensidad energética asociada a la reducción del consumo de energía y valor agregado de la industria azucarera entre 1984 y 1985. Para posteriormente, a partir de 1991, mostrar un crecimiento hasta la crisis financiera que afectó al país en el año 2003²⁶.

²⁵ Fundación Bariloche (2008). Prospectiva de la Demanda de Energía de la República Dominicana. Pág. 93.

²⁶ Ver en los anexos la gráfica con estos resultados.

Para los años analizados en este estudio se evidencia también que la relación del consumo de energía por unidad de producto se ha reducido a lo largo del período de estudio para República Dominicana, al reducirse a la mitad en la última década según la Gráfica 3. Esto puede ser fruto de mejora en la eficiencia de las plantas de generación de electricidad que entraron al sistema en este período de tiempo, así como al hecho de que la economía ha crecido mientras que el consumo de energía ha sido restringido por los problemas citados anteriormente y como se ha demostrado que la energía no tiene una relación de causalidad sobre el PIB, dicho indicador tiende a la reducción²⁷.

Gráfica 3. Evolución de la intensidad energética de República Dominicana

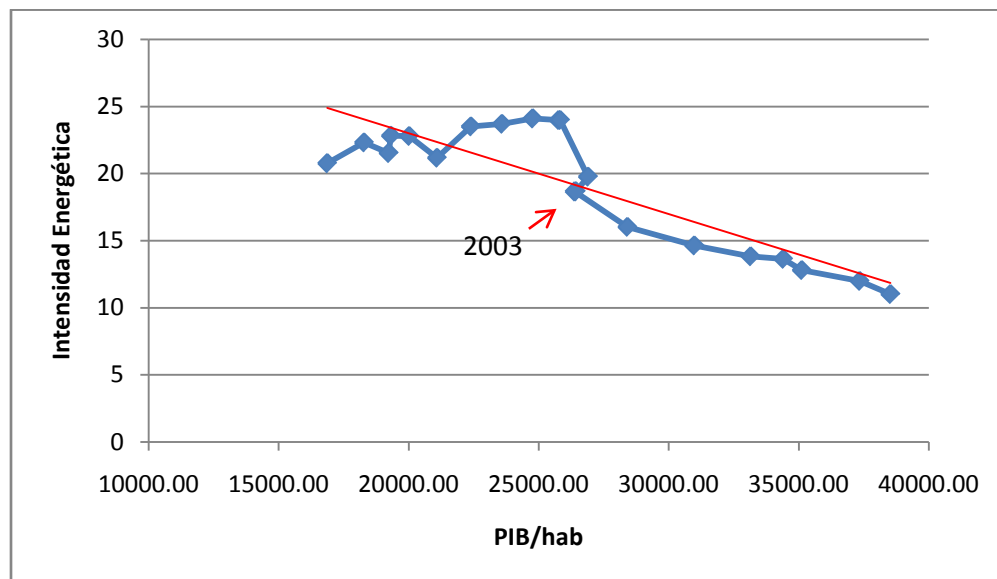


Fuente: Elaboración propia.

²⁷ Esto debería ser analizado en un estudio más profundo ya que la literatura identifica que al desarrollarse las economías, este indicador tiende a la baja pero podría no ser necesariamente el caso de República Dominicana.

Existe, finalmente, otro indicador interesante entre la relación de estas variables, este es el denominado Sendero Energético, el cual muestra una imagen de largo plazo de las relaciones entre la energía y el desarrollo socioeconómico de un país, vinculando su consumo energético con el PIB per cápita y la intensidad energética del PIB. Lo deseable es que la evolución del mismo se mueva desde la parte superior izquierda hacia la parte inferior derecha, indicando que se obtiene un mayor PIB per cápita asociado a una menor intensidad energética. En la Gráfica 4 se evidencia que para el período de estudio el comportamiento del sendero energético es el esperado: mayores niveles de PIB per cápita, para la serie de tiempo seleccionada, están asociados a una menor intensidad energética para el país. Se resalta el año 2003 como un año de retroceso en la evolución del indicador fruto de la crisis económica que afectó el país durante ese año.

Gráfica 4. Evolución del sendero energético de República Dominicana



Fuente: Elaboración propia.

Las dos gráficas anteriores permiten visualizar que a largo plazo se ha reducido la intensidad energética pero se evidencia que se está llegando a un punto donde la pendiente se hace más plana, que sería el punto en que se ha alcanzado un máximo de mejoras del indicador y la aplicación de mejores prácticas en el uso de la energía pueden continuar este proceso.

En caso de que la estructura productiva sufra una transformación, es posible que el indicador retome un sentido contrario al exhibido, a menos que esta transformación venga integrada con aparatos y equipos de alta tecnología y más amigables con el medioambiente, que precisan de un menor consumo energético.

4. CONCLUSIONES

Luego de los análisis realizados, se demuestra que para República Dominicana existe una estrecha relación de causalidad de largo plazo del PIB hacia el consumo de energía eléctrica, con elasticidad inferior a la unidad reflejado en un mayor crecimiento del PIB que del consumo de energía eléctrica. Esto está asociado a los cambios que se han producido en las últimas décadas en la estructura productiva, que actualmente se sustenta sobre la base de actividades que requieren de una menor intensidad en el uso de la energía que las actividades que anteriormente tenían mayor ponderación en el producto.

Relacionado a lo anterior, se ha podido evidenciar que la intensidad en el consumo de las fuentes energéticas para producir cada unidad de producto ha disminuido a la mitad en las últimas dos décadas, donde el aumento del PIB per cápita ha sido congruente con dicha reducción. Es por ello que hoy en día, República Dominicana, en su conjunto, aparenta ser un país que hace un uso más eficiente de sus recursos energéticos que 20 años atrás.

Pese a que no se demuestra que la reducción del consumo de energía eléctrica impacta negativamente sobre el desempeño económico, es importante señalar que todavía una proporción de la población no tiene acceso a los servicios eléctricos y, para aquellos que sí tienen acceso, su demanda es restringida por

políticas de gestión de demanda actualmente aplicadas por las Empresas Distribuidoras de Electricidad.

En caso de que la economía dominicana tenga un cambio estructural significativo en la composición del PIB (reorientado a actividades productivas más intensivas en el uso de energía eléctrica) y además, se logre un mayor nivel de cobertura eléctrica, es de vital importancia evaluar los impactos del consumo energético sobre el mismo. Puesto que con las barreras existentes podría ser una limitante para el desenvolvimiento económico que trascienda más allá de la competitividad y que restrinja la capacidad productiva por los altos costos y el desabastecimiento energético.

Dado que el proceso de globalización y de apertura comercial promueve una mayor eficiencia en los recursos, aquellos países que tienen estructuras productivas más favorables son los que pueden acaparar mayor parte del mercado mundial. En este sentido, nos unimos a aquellos que promueven el uso de fuentes de energía renovable para el abastecimiento de electricidad y diversificación de la matriz energética, ya que tiene efectos beneficiosos sobre la economía y el medioambiente, a la vez que provee mayor independencia energética a los países importadores de derivados del petróleo, como es el caso de República Dominicana.

Como posibles líneas de investigación futura, los impactos del sector energético sobre los agregados macroeconómicos para el caso de República Dominicana deben ser estudiados.

Para la realización de estos estudios es necesario contar con estadísticas más confiables y completas de estos flujos energéticos y así realizar análisis sectoriales que orienten las políticas económicas y energéticas de las instituciones rectoras en el país. Además, estos estudios debe realizarse a nivel regional para poder realizar comparaciones con otros países similares y determinar posibles ventajas o desventajas competitivas para aplicar las medidas correspondientes y aprender de las experiencias de los mismos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adnan Hye y Riaz, Sana (2008). Causality between Energy Consumption and Economic Growth: The case of Pakistan. *The Labore Journal of Economic*. 13 : 2 (Winter 2008): pp. 45-58.
- Apergis, Nicholas y Payne, James (2010). Energy consumption and economic growth in South America: Evidence from a panel error correction modelo. *Energy economics* 32 (2010) p 1421-1426.
- Attali Asociés (2010). República Dominicana 2010-2030, Informe de la Comisión Internacional para el Desarrollo Estratégico de la República Dominicana.
- Barreto, Carlos y Campo, Jacobo (2012). Relación de largo plazo entre Consumo de Energía y PIB en América Latina: Una evaluación empírica con datos panel. Universidad Católica de Colombia.
- Belke, Ansgar; Dreger, Christian y de Haan, Frauke (2010). Energy Consumption and Economic Growth: New insights into the Cointegration Relationship. Ruhr-Universität Bochum.
- Bouille, Daniel (2004). Economía de la Energía.
- Campo, Jacobo y Sarmiento, Viviana (2011). Relación Consumo de Energía Eléctrica y PIB: Evidencia desde un Panel Cointegrado de 10 países de América Latina entre 1971 - 2007. Universidad Católica de Colombia.
- Casilda, Ramón (2002). Energía y desarrollo económico en América Latina. Boletín Económico de ICE N° 2750.
- Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales (2013). Informe de Desempeño Abril 2013.
- Costantini, Valeria y Martini, Chiara (2009). The causality between energy consumption and economic growth: A multi-sectorial analysis using non-stationary cointegrated panel data. ROMA TRE Università Degli Studi Working paper n° 102, 2009.

- Dirección de Planificación y Desarrollo, Comisión Nacional de Energía (2011). Análisis de balances 1970-2010.
- Farhani, Sahbi and Ben Rejeb, Jaleleddine (2012). Link between Economic Growth and Energy Consumption in Over 90 Countries. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, Vol 3, No 11.
- Fundación Bariloche (2008). *Prospectiva de la Demanda de Energía de la República Dominicana*.
- Godínez, Víctor y Máttar, Jorge (2008). *La República Dominicana en 2030: Hacia una Nación Cohesionada*. CEPAL y MEPyD.
- International Energy Agency (2013). *World Energy Outlook*.
- Ismail, M. and Musa, I. J. (2012). Visual relationship between energy consumption and economic growth: the geographical perspective. *Global Business and Economics Research Journal*, 1(1): 12-24.
- Kehinde, Atoyebi; Felix, Adekunjo; Kayode, Kadiri y Musibau, Ogundeji (2012). The Causality Between Energy Consumption and Economic Growth in Nigeria (1981-2009). *IOSR Journal of Applied Physics*. Volume 2, Issue 3 pp 1-7.
- Ley 1-12 Orgánica de la Estrategia Nacional de Desarrollo de la República Dominicana 2030 (2012).
- OLADE (1997). *Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe: Enfoques para la política energética*.
- Poder Ejecutivo (2013). República Dominicana Decreto N° 167-13 del 21 de junio del 2013.
- Prats, Fernando (2010). *Contexto Energético y Marco Regulador*. Escuela de Organización Industrial (EOI).
- Ramírez, Francisco (2012). *Petróleo e Inflación en la República Dominicana: Análisis Empírico para el período 2000-2011*. Documento de Trabajo 2012-02 Banco Central de la República Dominicana.

- Shahidan, Mohd; Ermawatti, Nor y Shariff, Mohammad (2012). Relationship between Energy Consumption and Economic Growth: Empirical Evidence for Malaysia. Business Systems Review. Volume 2 issue 1.
- Unidad Asesora de Análisis Económico y Social del Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (2005). El Crecimiento de los Precios del Petróleo y sus Repercusiones en la Economía Dominicana. Tópicos de coyuntura Junio 2005.
- Unidad de Electrificación Rural y Suburbana (2010). Cuadro de distribución de electrificación rural y suburbana por provincia. Gerencia de Planificación.
- World Economic Forum and IHS CERA. Energy for Economic Growth: Energy Vision Update 2012.
- Zachariadis, Theodoros (2007). Exploring the relationship between energy use and economic growth with simple models: evidence from five OCDE countries. Economic Research Center, University of Cyprus.

6. ANEXOS

Anexo 1. Relación visual entre el consumo de energía y el crecimiento económico: la perspectiva geográfica²⁸.

Figura A1.1 Consumo energético en 2007 en Millones de Toneladas Equivalente de Petróleo.

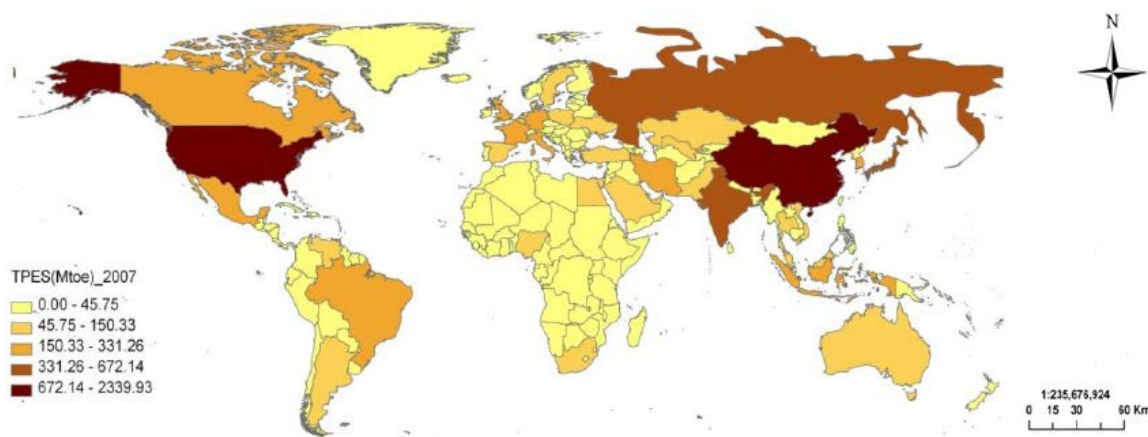
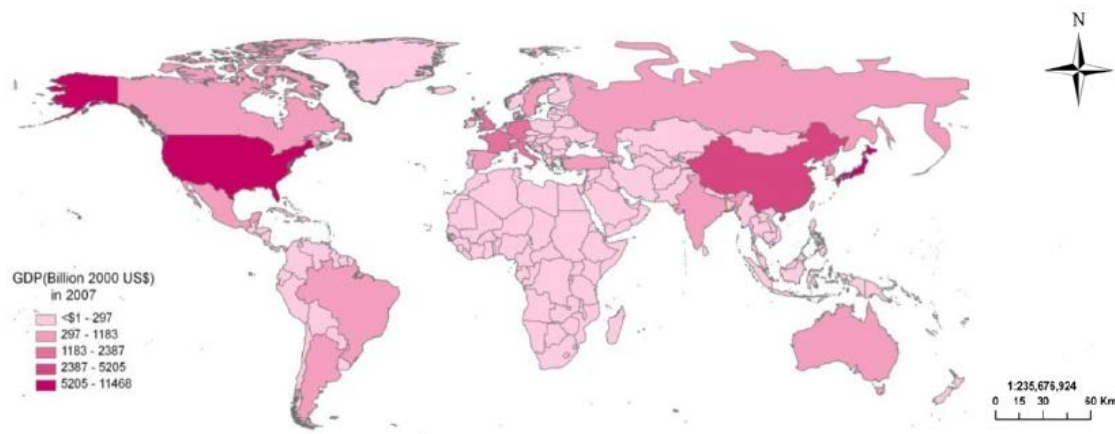


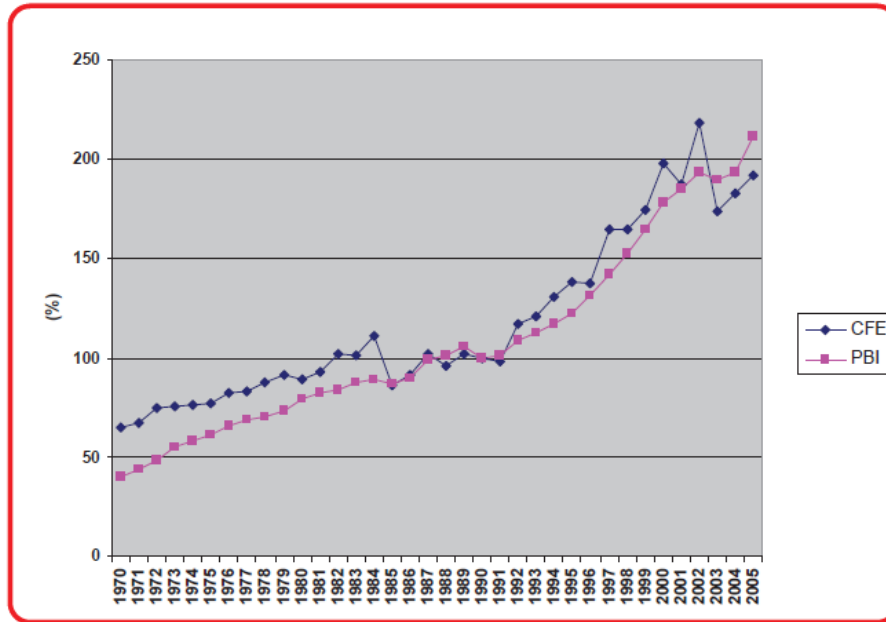
Figura A1.2 PIB en Trillones de Dólares (Billions US\$) de 2000 en 2007.



²⁸ Ismail, M. and Musa, I. J. (2012). Visual relationship between energy consumption and economic growth: the geographical perspective. *Global Business and Economics Research Journal*, 1(1): 12-24.

Anexos 2. Resultados de la Prospectiva de Demanda de Energía de la República Dominicana realizada por Fundación Bariloche (2008).

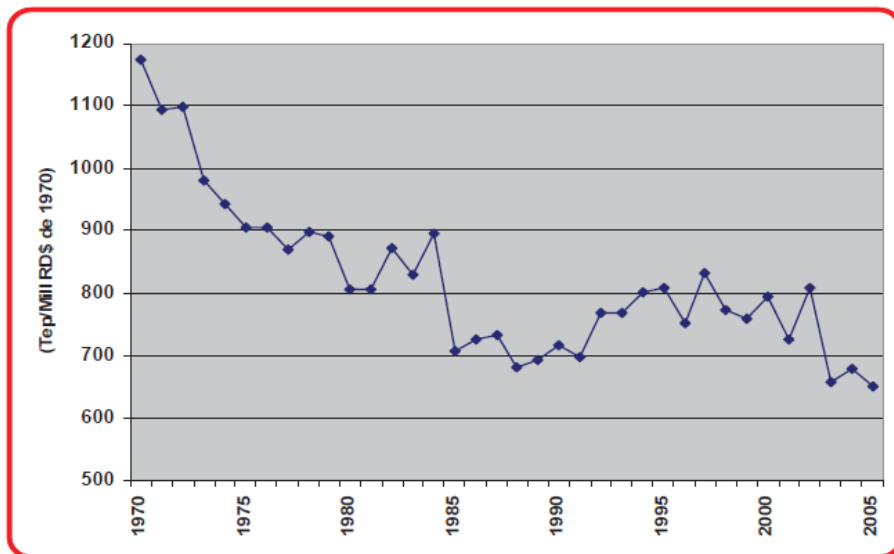
Figura A2.1 Evolución comparada del Consumo Final de Energía y del PIB a precios constantes de 1970.



A2.2 Estimación de la elasticidad consumo final de energía - PIB

Dependent Variable: LCFE				
Method: Least Squares				
Sample: 1975 2005				
Included observations: 31				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LPBI	0.802735	0.025818	31.09205	0.000000
D8591	-0.152499	0.022011	-6.928279	0.000000
C	1.424724	0.216064	6.593985	0.000000
R-squared	0.975895	Mean dependent var		8.071911
Adjusted R-squared	0.974173	S.D. dependent var		0.313314
S.E. of regression	0.050352	Akaike info criterion		-3.047785
Sum squared resid	0.070989	Schwarz criterion		-2.909012
Log likelihood	50.24067	Hannan-Quinn criter.		-3.002549
F-statistic	566.7855	Durbin-Watson stat		1.946197
Prob(F-statistic)	0.000000			

A2.3 Evolución de la Intensidad Energética del PIB de República Dominicana.



A3. Resultados de algunas investigaciones similares a las del presente estudio.

Autores	Período	Países	Metodología	Relación de causalidad
Masih and Masih (1996)	1955-1990	6 Países asiáticos	Cointegration, ECM	*EC \rightarrow GDP (India) *GDP \rightarrow EC (Indonesia, Pakistan) *GDP~EC (Malaysia, Philippines, Singapore)
Glasure and Lee (1998)	1961-1990	Corea del Sur y Singapur	Bivariate VECM	*EC \rightarrow GDP
Masih and Masih (1998)	1955-1991	Sri Lanka y Tailandia	Trivariate VECM	*EC \rightarrow GDP

Autores	Período	Países	Metodología	Relación de causalidad
Soytas and Sari (2003)	1950-1992	8 países diversos	Bivariate VECM	*EC \rightarrow GDP (Argentina) *GDP \rightarrow EC (South Korea) *EC \leftrightarrow GDP (Turkey) *GDP-EC (Indonesia, Poland, Canada, USA & UK)
Lee (2005)	1975-2001	18 países en desarrollo	Trivariate VECM	*EC \leftrightarrow GDP
Mehrara (2007)	1971-2002	11 países exportadores de petróleo	Panel cointegration	*GDP \rightarrow EC
Akinlo (2008)	1980-2003	11 países de África sub-sahariana	ARDL bounds test	*Resultados diversos
Narayan and Smyth (2008)	1972-2002	Países del G-7	Panel cointegration, Granger causality	*EC \leftrightarrow GDP
Ozturk et al. (2010)	1971-2005	51 países de ingreso bajo y medio	Pedroni Panel cointegration, Granger causality, panel FMOLS & DOLS estimates	*GDP \rightarrow EC (países de ingreso bajo) *EC \leftrightarrow GDP (países de ingreso medio)

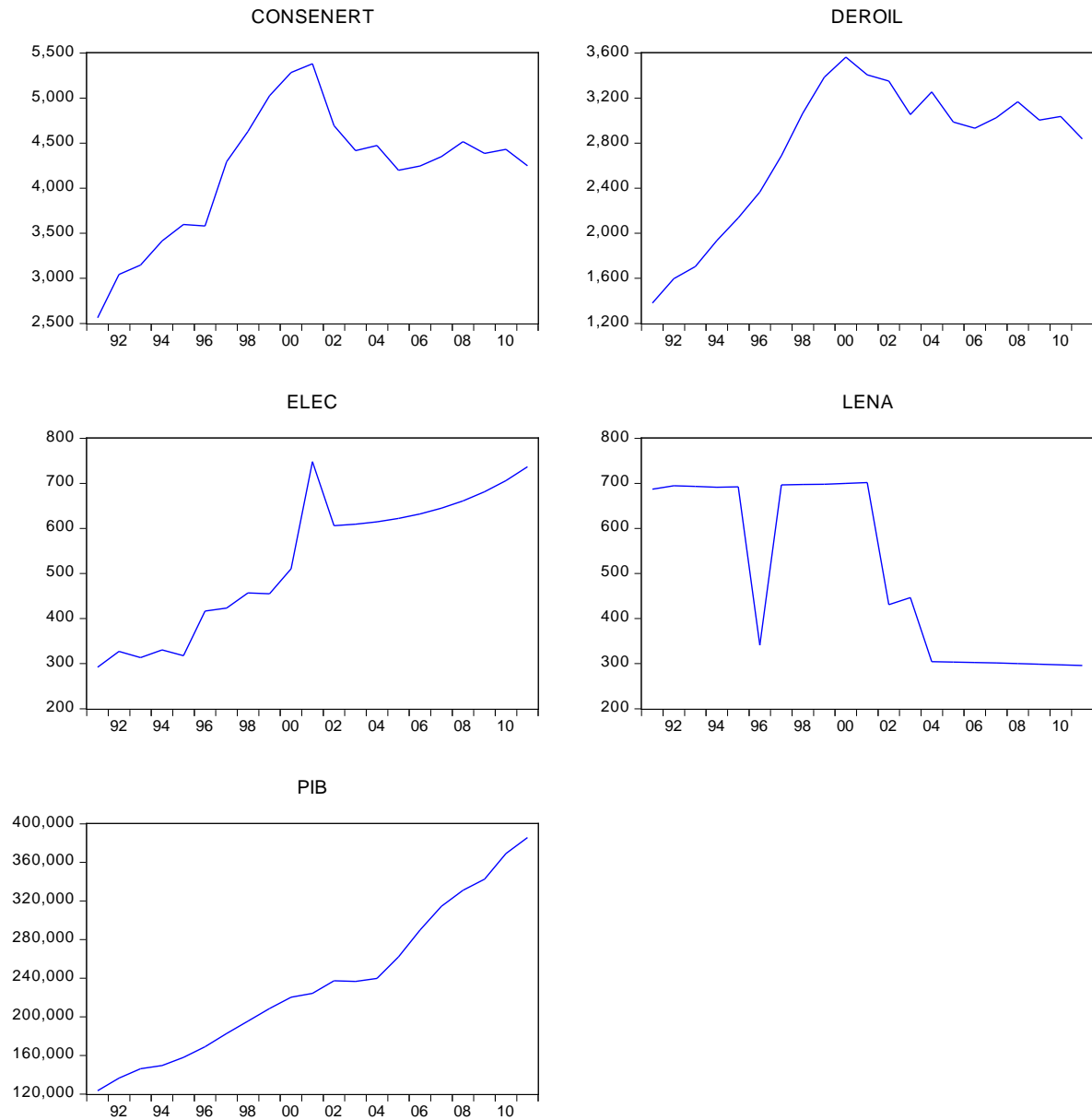
Notes: EC \rightarrow GDP means that the causality runs from energy consumption to growth. GDP \rightarrow EC means that the causality runs from growth to energy consumption. EC \leftrightarrow GDP means that bidirectional causality exists between energy consumption and growth. EC-GDP means that no causality exists between energy consumption and growth. GDP: real Gross Domestic Product, EC: Energy Consumption, VAR: Vector AutoRegressive model, ECM: Error Correction Model, ARDL: AutoRegressive Distributed Lag, VECM: Vector Error Correction Model, GMM: Generalized Method of Moments, FMOLS: Fully modified Ordinary Least Squares, and DOLS: Dynamic Ordinary Least Squares.

A4. Electrificación rural y suburbana en República Dominicana (UERS, 2010)

Provincia	Viviendas F2010	Viviendas s/electricidad F2010	Porcentaje Relativo de viv s/electr	Distribución del % de viv s/electr		Distribución del # de viv s/electr	
				Ubicación rural porcentaje	Ubicación Suburbana Porcentaje	Rural	Suburbana
Sánchez Ramírez	41,842	4,448	10.63%	94.26	5.74	4193	255
Monseñor Nouel	47,336	1,045	2.21%	81.20	18.80	849	196
Españat	64,226	3,045	4.74%	91.42	8.58	2784	261
Puerto Plata	100,529	7,476	7.44%	90.22	9.78	6745	731
Santiago	268,555	8,060	3.00%	88.10	11.90	7101	959
Dajabón	18,278	3,387	18.53%	87.32	12.68	2958	429
Monte Cristi	36,040	5,718	15.87%	75.25	24.75	4303	1415
Santiago Rodríguez	17,351	1,365	7.87%	95.92	4.08	1309	56
Valverde	47,752	3,571	7.48%	65.79	34.21	2349	1222
Azua	54,416	5,134	9.43%	79.78	20.22	4096	1038
Elías Piña	16,631	6,475	38.93%	89.08	10.92	5768	707
San Juan de la Maguana	66,281	12,906	19.47%	91.31	8.69	11784	1122
Bahoruco	23,901	3,806	15.92%	89.29	10.71	3398	408
Barahona	47,746	3,850	8.06%	82.67	17.33	3183	667
Independencia	12,760	1,144	8.97%	77.30	22.70	884	260
Pedernales	5,657	1,175	20.77%	84.99	15.01	999	176
Distrito Nacional	284,416	195	0.07%	0.00	100.00	0	195
Santo Domingo	527,565	2,130	0.40%	62.97	37.03	1341	789
Peravia	47,672	1,239	2.60%	82.43	17.57	1021	218
San Cristóbal	148,678	4,189	2.82%	91.00	9.00	3812	377
Monte Plata	54,222	9,313	17.18%	90.78	9.22	8454	859
San José de Ocoa	18,400	3,545	19.27%	92.02	7.98	3262	283
El Seibo	27,232	6,872	25.24%	92.62	7.38	6365	507
La Altagracia	59,110	7,310	12.37%	91.71	8.29	6704	606
La Romana	66,581	1,927	2.89%	66.91	33.09	1289	638
San Pedro de Macorís	90,602	2,380	2.63%	81.15	18.85	1931	449
Hato Mayor	26,461	3,821	14.44%	80.09	19.91	3060	761
Duarte	83,289	4,623	5.55%	87.86	12.14	4062	561
María Trinidad Sánchez	41,614	2,009	4.83%	88.40	11.60	1776	233
Salcedo	28,094	2,790	9.93%	96.03	3.97	2679	111
Samaná	27,465	3,173	11.55%	90.37	9.63	2867	306
La Vega	109,869	5,154	4.69%	92.11	7.89	4747	407
TOTAL	2,510,571	133,275	5.31%			116075	17200

A5. Resultados del caso de República Dominicana

A5.1 Gráfica de la evolución de las variables objeto de estudio (1991-2011)



A5.2 Resultados de la prueba de cointegración de Johansen

Date: 07/07/13 Time: 16:20
 Sample (adjusted): 1993 2011
 Included observations: 19 after adjustments
 Trend assumption: Linear deterministic trend
 Series: LCET LELEC LOIL LPIB LWOOD
 Lags interval (in first differences): 1 to 1

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.948197	116.7061	69.81889	0.0000
At most 1 *	0.798948	60.46047	47.85613	0.0021
At most 2 *	0.572490	29.98083	29.79707	0.0476
At most 3	0.513895	13.83504	15.49471	0.0876
At most 4	0.006807	0.129776	3.841466	0.7187

Trace test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.948197	56.24566	33.87687	0.0000
At most 1 *	0.798948	30.47964	27.58434	0.0206
At most 2	0.572490	16.14578	21.13162	0.2165
At most 3	0.513895	13.70527	14.26460	0.0611
At most 4	0.006807	0.129776	3.841466	0.7187

Max-eigenvalue test indicates 2 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegrating Coefficients (normalized by b*S11*b=I):

LCET	LELEC	LOIL	LPIB	LWOOD
72.26609	7.652412	-49.64066	-9.489596	-9.353385
-126.7281	16.64038	69.47737	12.39911	23.89579
-43.36055	5.887921	28.05977	2.217318	4.806060
16.40348	-7.496937	-6.661503	6.670786	1.519223
5.794030	-4.161976	-8.644594	8.835667	0.459737

Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

D(LCET)	-0.036394	-0.005924	-0.004524	-0.015903	0.002263
D(LELEC)	-0.054761	-0.041240	-0.007079	0.055081	-1.54E-05
D(LOIL)	-0.030530	0.004516	-0.025768	-0.023912	0.000642
D(LPIB)	-0.006154	-0.007115	0.006070	-0.009234	-0.001193

D(LWOOD)	-0.007781	-0.060863	0.072148	-0.049645	0.012381
----------	-----------	-----------	----------	-----------	----------

1 Cointegrating Equation(s): Log likelihood 179.4918

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

LCET	LELEC	LOIL	LPIB	LWOOD
1.000000	0.105892 (0.01563)	-0.686915 (0.01020)	-0.131315 (0.01204)	-0.129430 (0.00597)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(LCET)	-2.630077 (0.77964)
D(LELEC)	-3.957328 (1.89872)
D(LOIL)	-2.206279 (1.02400)
D(LPIB)	-0.444723 (0.46866)
D(LWOOD)	-0.562314 (4.22658)

2 Cointegrating Equation(s): Log likelihood 194.7317

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

LCET	LELEC	LOIL	LPIB	LWOOD
1.000000	0.000000	-0.625007 (0.00593)	-0.116371 (0.00770)	-0.155827 (0.00459)
0.000000	1.000000	-0.584636 (0.05078)	-0.141123 (0.06596)	0.249282 (0.03929)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(LCET)	-1.879391 (1.55397)	-0.377075 (0.19510)
D(LELEC)	1.268998 (3.41693)	-1.105307 (0.42899)
D(LOIL)	-2.778622 (2.05840)	-0.158474 (0.25843)
D(LPIB)	0.456966 (0.89738)	-0.165491 (0.11267)
D(LWOOD)	7.150777 (8.13818)	-1.072333 (1.02173)

3 Cointegrating Equation(s): Log likelihood 202.8046

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

LCET	LELEC	LOIL	LPIB	LWOOD
1.000000	0.000000	0.000000	-0.400041 (0.24890)	-0.641248 (0.19520)
0.000000	1.000000	0.000000	-0.406471 (0.22940)	-0.204784 (0.17992)
0.000000	0.000000	1.000000	-0.453868 (0.39706)	-0.776666 (0.31140)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

Relación de largo plazo entre el Producto Interno Bruto y el Consumo de Energía Eléctrica de República Dominicana (1991-2011)

D(LCET)	-1.683210 (1.60893)	-0.403715 (0.20339)	1.268130 (0.95019)	
D(LELEC)	1.575940 (3.55108)	-1.146987 (0.44889)	-0.345561 (2.09718)	
D(LOIL)	-1.661310 (1.82474)	-0.310194 (0.23067)	1.106265 (1.07765)	
D(LPIB)	0.193774 (0.89740)	-0.129753 (0.11344)	-0.018536 (0.52998)	
D(LWOOD)	4.022421 (7.87614)	-0.647534 (0.99563)	-1.817917 (4.65146)	
<hr/>				
4 Cointegrating Equation(s):	Log likelihood	209.6572		
<hr/>				
Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)				
LCET	LELEC	LOIL	LPIB	LWOOD
1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.343602 (0.14843)
0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.097646 (0.14102)
0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	-0.438970 (0.22483)
0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.744040 (0.14357)
Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(LCET)	-1.944082 (1.45769)	-0.284488 (0.19662)	1.374071 (0.85827)	0.155800 (0.16306)
D(LELEC)	2.479459 (2.61391)	-1.559925 (0.35259)	-0.712483 (1.53903)	0.360047 (0.29240)
D(LOIL)	-2.053550 (1.50062)	-0.130927 (0.20242)	1.265555 (0.88355)	0.129068 (0.16786)
D(LPIB)	0.042301 (0.80510)	-0.060525 (0.10860)	0.042977 (0.47403)	-0.077963 (0.09006)
D(LWOOD)	3.208076 (7.61195)	-0.275351 (1.02676)	-1.487209 (4.48181)	-0.852005 (0.85149)

A5.3 Resultados de la prueba de causalidad

Pairwise Granger Causality Tests

Date: 07/07/13 Time: 16:22

Sample: 1991 2011

Lags: 1

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
LELEC does not Granger Cause LCET	20	2.37886	0.1414
LCET does not Granger Cause LELEC		2.73354	0.1166
LOIL does not Granger Cause LCET	20	0.39178	0.5397
LCET does not Granger Cause LOIL		0.54322	0.4712
LPIB does not Granger Cause LCET	20	0.71483	0.4096
LCET does not Granger Cause LPIB		2.12917	0.1628
LWOOD does not Granger Cause LCET	20	0.15832	0.6957
LCET does not Granger Cause LWOOD		1.22759	0.2833
LOIL does not Granger Cause LELEC	20	5.17631	0.0361
LELEC does not Granger Cause LOIL		4.88578	0.0411
LPIB does not Granger Cause LELEC	20	4.48317	0.0493
LELEC does not Granger Cause LPIB		0.03595	0.8519
LWOOD does not Granger Cause LELEC	20	0.00772	0.9310
LELEC does not Granger Cause LWOOD		3.37098	0.0839
LPIB does not Granger Cause LOIL	20	2.93422	0.1049
LOIL does not Granger Cause LPIB		1.28616	0.2725
LWOOD does not Granger Cause LOIL	20	2.47826	0.1339
LOIL does not Granger Cause LWOOD		1.00219	0.3308
LWOOD does not Granger Cause LPIB	20	3.82917	0.0670
LPIB does not Granger Cause LWOOD		4.03106	0.0608

A5.4 Resultados de la aplicación de la ecuación (16)

Dependent Variable: LELEC
 Method: Least Squares
 Date: 07/07/13 Time: 16:39
 Sample: 1991 2011
 Included observations: 21
 LELEC = C(1) + C(2)*LPIB

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-4.465718	1.005684	-4.440479	0.0003
C(2)	0.868419	0.081663	10.63418	0.0000
R-squared	0.856154	Mean dependent var		6.225029
Adjusted R-squared	0.848583	S.D. dependent var		0.318766
S.E. of regression	0.124039	Akaike info criterion		-1.246044
Sum squared resid	0.292329	Schwarz criterion		-1.146566
Log likelihood	15.08346	Hannan-Quinn criter.		-1.224455
F-statistic	113.0858	Durbin-Watson stat		0.993076
Prob(F-statistic)	0.000000			



AVE. RÓMULO BETANCOURT NO. 361, BELLA VISTA
SANTO DOMINGO, REPÚBLICA DOMINICANA
TEL.: 809-540-9002 / FAX. 809-566-0841
CÓDIGO POSTAL: 10112



@cne_energia



cne.energiaRD



cneenergia

www.cne.gob.do