



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

La relación entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico empleando un modelo trivariado para Chile

Andrea Paola Galindo Vargas

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Economía
Bogotá D.C., Colombia
2014

La relación entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico empleando un modelo trivariado para Chile

Andrea Paola Galindo Vargas

Trabajo Final presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencias Económicas

Director:

PhD. Mario García Molina

Línea de Profundización

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Economía
Bogotá D.C., Colombia

2014

Dedico este trabajo a...

*A Dios por acompañarme y guiarme en este
difícil camino*

*A mis padres (Lorencito y Marlencita) y
hermanos (Lucho, Caro y Migue) por su
constante apoyo y cariño, su confianza y la
fortaleza que me brindaron.*

Agradecimientos

En el desarrollo del presente trabajo participaron varias personas leyendo, opinando, dándome palabras de ánimo y fortaleza. A todos muchas gracias.

Principalmente agradezco al profesor Mario García, profesor de Economía y director de este trabajo por su disponibilidad, asesoría y orientación. Igualmente agradezco al profesor Leonardo Duarte, profesor de Econometría por su tiempo y dedicación en todas las explicaciones recibidas.

A mi familia agradezco su apoyo incondicional sobre todo en los momentos más difíciles donde recibí todo su cariño, apoyo y fortaleza. Especialmente a mi mamita por sus palabras de aliento y afecto. Agradezco a mi hermanita Carolina por sus consejos y su importante ayuda en la revisión y edición de este documento. De igual forma, agradezco a mi hermano Alejandro por sus consejos y dedicación.

Agradezco a mis compañeros de trabajo Carlos Díaz, Economista Especializado de la Unidad de Planeación Minero energética (UPME) por su amabilidad, comentarios y sugerencias sobre la metodología. Igualmente agradezco a Rubiela Gamboa Abogada Especializada de la UPME por sus consejos y apoyo en la realización de este trabajo.

Finalmente agradezco a mis amigos, quienes me alentaron con palabras de ánimo, consejos y estrategias para desarrollar este trabajo Camilo, Diana, César, Juan, Leidy y Héctor.

Resumen

En este trabajo se determinó la relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico para Chile. Se incorporó el empleo como una tercera variable aplicando la metodología de causalidad trivariada desarrollada por Odhiambo, 2009. Para tal efecto, se estableció el orden de integración de cada una de las variables, se verificó la relación de cointegración entre las mismas mediante la prueba de cointegración de Johansen y se determinó la causalidad en sentido Granger por medio de Modelo de Corrección de Error (MCE). Dados los resultados se encontró que al 5 % de significancia no existe una relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico, pero si existe una relación de causalidad del consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico hacia el empleo. Adicionalmente, al 10 % de significancia se encontró una relación de causalidad del consumo de electricidad hacia el crecimiento económico. Para los casos mencionados, los resultados fueron los mismos estimando la causalidad en el corto y en el largo plazo. De este estudio se concluye que las políticas conservacionistas enfocadas en la reducción del consumo energético podrían afectar negativamente al empleo y podrían llegar a afectar el crecimiento económico.

Palabras clave: consumo de energía eléctrica, crecimiento económico, empleo, causalidad trivariada, causalidad de Granger, prueba de cointegración de Johansen, modelo de corrección del error.

Abstract

This paper determines the causal relationship between energy consumption and economic growth in Chile. It applies the tri-variate causality model proposed by Odhiambo, 2009 including the employment as a third variable. First, the integration order for each one of the variables was established. Then, the cointegration relationship between variables is determined by the Johansen cointegration test and the error correction model (ECM). As a result of this study, it was found there is no causality relationship between energy consumption and economic growth at 5% of significance; however, there is a causality relationship between energy consumption and economic growth with the employment. Moreover, it was found there is a causality relationship from the energy consumption to the economic growth at 10% of significance. The results were the same both the causality relationship to the short and the long term. This paper concludes that conservationists policies on energy consumption reduction could affect employment negatively and could also affect the economic grow.

Keywords: electric power consumption, economic growth, employment, trivariate causality, Granger – causes, Johansen cointegration test, error correction model.

Contenido

| | Pág. |
|--|-------------|
| Resumen | IX |
| Abstract | X |
| Lista de figuras | XII |
| Lista de tablas | XIII |
| Lista de Símbolos y abreviaturas | XIV |
| Introducción | 1 |
| 1. Consumo de energía eléctrica y crecimiento económico en Chile | 3 |
| 2. Revisión de literatura | 8 |
| 3. Metodología: Técnicas de Estimación | 13 |
| 3.1 Especificación del modelo..... | 13 |
| 3.2 Definición de variables | 19 |
| 4. Resultados: Análisis empírico | 21 |
| 4.1 Etapa I - Prueba de estacionariedad..... | 21 |
| 4.2 Etapa II - Prueba de cointegración..... | 22 |
| 4.3 Etapa III - Análisis de causalidad basado en el modelo de corrección del error - MCE 25 | |
| 4.4 Implicaciones políticas | 30 |
| 5. Conclusiones y recomendaciones | 33 |
| 5.1 Conclusiones..... | 33 |
| 5.2 Recomendaciones..... | 34 |
| A. Anexo: Presentación de resultados –Series Totales | 37 |
| B. Anexo: Presentación de resultados – Series Per Capita | 48 |
| Bibliografía | 59 |

Lista de figuras

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1-1: Crecimiento del PIB y de la Demanda de energía eléctrica. (Año base 1975) | 3 |
| Figura 1-2: Proyección demanda de energía eléctrica 2000-2030..... | 4 |
| Figura 1-3: Sistema eléctrico Chileno..... | 5 |
| Figura 1-4: Capacidad Instalada MW (SING - SIC) en los años 1993 – 2011..... | 5 |
| Figura 3-1: Etapas metodológicas..... | 16 |
| Figura 4-1: Residuos del modelo con la inclusión de la variable dummy..... | 24 |
| Figura 4-2: Prueba de Causalidad de Granger general. | 29 |

Lista de tablas

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 2-1: Estudios de causalidad realizados en Chile..... | 11 |
| Tabla 2-2: Estudios de causalidad realizados en Chile. (Continuación) | 12 |
| Tabla 3-1: Relaciones de causalidad | 15 |
| Tabla 4-1: Prueba de estacionariedad para la variable Consumo de Energía Eléctrica..... | 21 |
| Tabla 4-2: Prueba de estacionariedad para la variable Crecimiento Económico..... | 22 |
| Tabla 4-3: Prueba de estacionariedad para la variable Empleo. | 22 |
| Tabla 4-4: Resultados de la prueba de cointegración de Johansen..... | 25 |
| Tabla 4-5: Resultados de la prueba de causalidad en el corto plazo. | 27 |
| Tabla 4-6: Resultados prueba de causalidad largo plazo - Ecuación de cointegración. | 28 |
| Tabla 4-7: Resultados de la prueba de causalidad en el largo plazo – Velocidad de ajuste. | 29 |
| Tabla 4-8: Resumen de la prueba de causalidad..... | 30 |

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Abreviaturas

| Abreviatura | Término |
|--------------------|---|
| <i>ELEC</i> | Consumo de energía eléctrica |
| <i>PIB</i> | Crecimiento económico |
| <i>EMP</i> | Empleo |
| <i>LNELEC</i> | Logaritmo natural del consumo de energía eléctrica |
| <i>LNPIB</i> | Logaritmo natural del crecimiento económico |
| <i>LNEMP</i> | Logaritmo natural del Empleo |
| <i>DLNELEC</i> | Primeras diferencias del logaritmo natural del consumo de energía eléctrica |
| <i>DLNPIB</i> | Primeras diferencias del logaritmo natural del crecimiento económico |
| <i>DLNEMP</i> | Primeras diferencias del logaritmo natural del Empleo |
| <i>D82</i> | Variable dummy debido a un cambio estructural en el año 1982 |
| <i>VAR</i> | Vector Autoregresivo |
| <i>MCE</i> | Modelo de corrección de Error |
| <i>SING</i> | Sistema Interconectado Norte Grande |
| <i>SIC</i> | Sistema Interconectado Central |
| <i>ENE</i> | Estrategia Nacional de Energía |
| <i>PNAEE</i> | Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética |
| <i>ERNC</i> | Energías Renovables No Convencionales |

Introducción

Durante las últimas décadas se han realizado diversos estudios para determinar la relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico, empleando diferentes metodologías, aplicadas en distintos países del mundo y obteniendo diversos resultados. El objetivo de este trabajo es contribuir a la discusión sobre la existencia y dirección de la causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico, utilizando la metodología de causalidad trivariada desarrollada por Odhiambo, 2009 en el país de Chile.

El análisis de causalidad es muy importante dadas las implicaciones que podría tener en la orientación de las políticas energéticas de un país. De ahí que, determinar la relación de causalidad, permite establecer el posible impacto que pueden tener las políticas conservacionistas¹ sobre el crecimiento económico. Conforme a la literatura respecto al tema, existen cuatro posibles relaciones de causalidad (Apergis & Payne, 2009), (Ozturk, Aslan, & Kalyoncu, 2010). La primera establece una relación de causalidad unidireccional del consumo de energía hacia el crecimiento económico, en este caso las políticas conservacionistas podrían afectar negativamente el crecimiento económico, especialmente en países en desarrollo como Chile. Por otro lado, una relación de causalidad unidireccional, dirigida del crecimiento económico al consumo de energía eléctrica, implica que no existe dependencia del crecimiento al consumo energético, por lo tanto, las políticas conservacionistas podrían ser implementadas sin afectar significativamente el crecimiento económico.

De manera similar en la “causalidad neutral”, no existe una relación de causalidad y el crecimiento económico no se ve afectado por las políticas de reducción del consumo de energía

¹ *Política Conservacionista*: Toda la acción política, económica o social tomada, con la finalidad de reducir el consumo de energía eléctrica.

eléctrica. Finalmente, una relación de causalidad bidireccional indica que las políticas conservadoras de energía no son recomendables, para esto se propone incentivar el desarrollo del sector eléctrico impulsando el crecimiento económico.

Por otro lado, la mayoría de las investigaciones desarrolladas emplean metodologías de causalidad bivariada, usando como variables el crecimiento económico y el consumo de energía eléctrica. Algunos autores critican las metodologías de causalidad bivariada, afirmando que estas presentan limitaciones en el análisis. En primer lugar, se afirma que los estudios realizados con modelos de análisis causal bivariado podrían sufrir de sesgo u omisión de variables y así generar conclusiones erróneas o incompletas. En segundo lugar, se afirma que los modelos de causalidad bivariados son sensibles a la inclusión de una tercera variable, la cual no sólo altera la dirección de causalidad entre las variables, sino que también modifica la magnitud de la estimación (Odhiambo, 2009), (Eggoh, Bangake, & Rault, 2011), (Narayan, Smyth, & Prasad, 2007).

El modelo empleado para determinar la relación de causalidad en Chile incorpora el empleo como la tercera variable de análisis, de este modo amplía el horizonte de estudio para determinar la relación de causalidad no solo en un crecimiento per se, sino también determinando el crecimiento en términos de desarrollo, su impacto en la sociedad y evaluando otros factores como el empleo y la equidad. El procedimiento metodológico consiste en la verificación del orden de integración de las series, la aplicación de la prueba de cointegración de Johansen y posteriormente, la determinación de causalidad en sentido Granger por medio de Modelo de Corrección de Error (MCE), para el periodo de estudio comprendido entre 1975 y 2011.

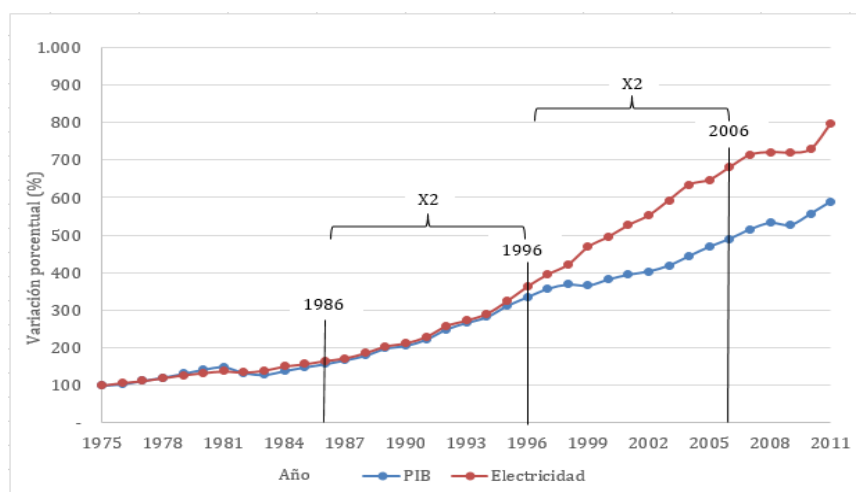
Este estudio está dividido en (5) cinco secciones. La primera sección contiene un marco teórico del consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico para Chile, durante el periodo de 1975 a 2011. La segunda sección presenta la revisión de literatura sobre tema. La tercera sección describe la metodología empleada, las técnicas de estimación y algunas estadísticas descriptivas. En la cuarta sección se discuten los resultados obtenidos. Finalmente, en la última sección se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

1. Consumo de energía eléctrica y crecimiento económico en Chile

Este capítulo pretende ilustrar el funcionamiento del sistema eléctrico chileno, resaltando el comportamiento y las principales características de la oferta y la demanda de energía. Así mismo se presenta un panorama general de las actuales políticas energéticas implementadas en el país de Chile.

El crecimiento de la demanda de electricidad con relación al crecimiento del PIB en Chile desde el año de 1975 hasta el año 2011 se ilustra en la Figura 1-1 donde se observa una correlación ascendente entre las dos variables, con un incremento sostenido desde el inicio de la década de los 80 posterior a la crisis de la deuda del año 1982 en Latinoamérica, incrementando el consumo aproximadamente al doble cada 10 años.

Figura 1-1: Crecimiento del PIB y de la Demanda de energía eléctrica. (Año base 1975)

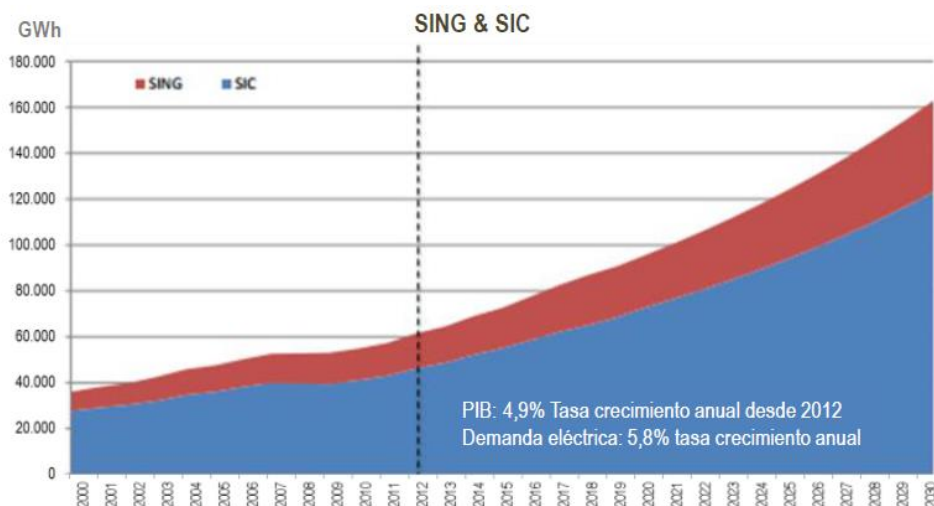


Fuente: Figura modificada de (Hernández, 2013).

De manera similar, se estima una demanda proyectada en torno a los 100.000 GWh como se ilustra en la Figura 1-2, lo que equivale a un crecimiento en el consumo de energía eléctrica

en Chile entre un 5,5 % y 6,5 % anualmente hasta el año 2020. Para suplir esta demanda sería necesario incorporar aproximadamente 8.000 MW al sistema de generación actual (PNAEE, 2010).

Figura 1-2: Proyección demanda de energía eléctrica 2000-2030.

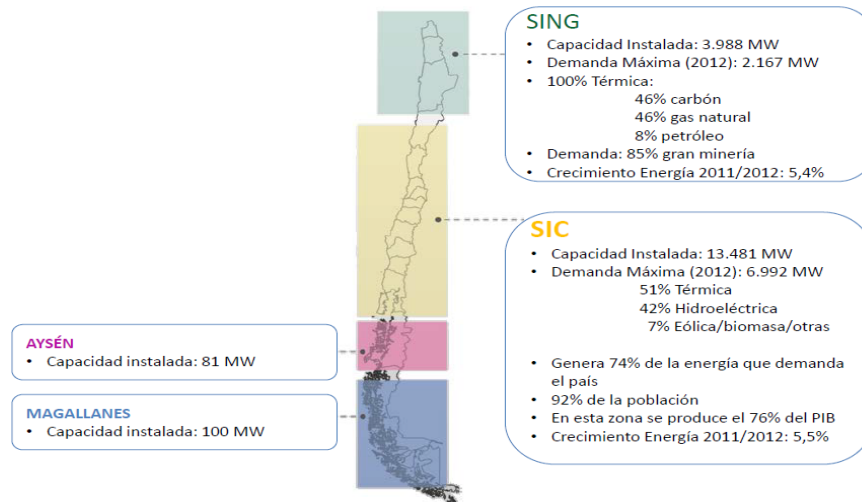


Fuente: Tomada de (Hernández, 2013).

La capacidad instalada en Chile para el año 2012 es aproximadamente 17.650 MW, la cual se encuentra distribuida en cuatro regiones geográficas según se observa en la Figura 1-3, y se describen a continuación:

- El Sistema Interconectado Norte Grande (SING), que cubre las regiones de Arica, Iquique y Antofagasta con el 22,6 % de la capacidad instalada, donde el sistema de generación se produce en un 100 % a través de centrales termoeléctricas.
- El Sistema Interconectado Central (SIC), que abarca desde Taltal (al sur de Antofagasta) hasta Chiloé representa el 76,4 % de la capacidad instalada del país, su generación es 51 % térmica (carbón), 42 % en gas natural y el 7 % eólica y biomasa, entre otras tecnologías.
- Existen dos sistemas pequeños que representan respectivamente el 0,5 % y 0,6 % de la capacidad total instalada, que se denominan Aysén y Magallanes.

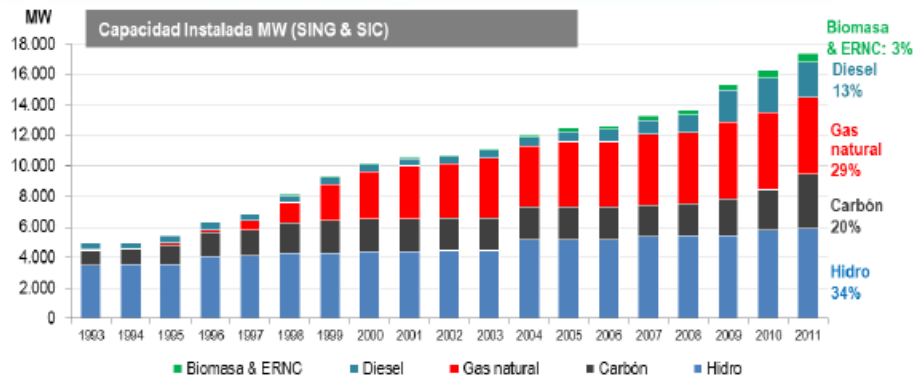
Figura 1-3: Sistema eléctrico Chileno.



Fuente: Tomada de (Bunster, 2013).

Actualmente la matriz de generación eléctrica en Chile emplea principalmente combustibles fósiles tales como el petróleo², el carbón mineral y el gas natural, lo cual representa un 62 % de la misma. También cuenta con una importante participación de empresas de generación hidroeléctricas, del orden de 34 %. Finalmente la biomasa y las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) tienen una pequeña participación del 3 %. Así mismo, se observa que durante los últimos 20 años el crecimiento de la oferta energética ha tenido una predominante participación del gas, carbón y diésel. Ver Figura 1-4.

Figura 1-4: Capacidad Instalada MW (SING - SIC) en los años 1993 – 2011.



Fuente: Tomada de (Hernández, 2013).

² La denominación petróleo hace referencia al diésel como combustible líquido.

Por otro lado, aproximadamente el 70 % de los insumos de la matriz eléctrica Chilena son importados, por ello Chile se encuentra expuesto a las fluctuaciones y a la volatilidad de los precios internacionales de los combustibles, siendo uno los países con los mayores costos de generación de energía eléctrica de América Latina, superior al promedio del resto de países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), (Hernández, 2013).

Adicionalmente existen algunas restricciones que inciden en la oferta de energía eléctrica y presentan un riesgo en el suministro, tales como las dificultades en el abastecimiento de gas de los países vecinos (principalmente Argentina) y los periodos de sequías presentados por la variabilidad hidrológica de la zona central del país. Estos factores llevaron a Chile a experimentar periodos de disminución de la oferta eléctrica, teniendo que recurrir a una serie de medidas para reducir el consumo e incluso llegando a aplicar cortes de electricidad. “En 1989 y 1990, los clientes debieron restringir su consumo en un 10% durante aproximadamente 45 días. En 1998 y 1999, el suministro de electricidad fue racionado y se produjeron cortes de luz a clientes regulados (Serra, 2002). Así mismo en 2008 y 2011 se redujo en 10% el voltaje en los centros urbanos para hacer frente a la sequía”. (Agostini, Plottier, Saavedra, 2012, p. 64).

Dadas las tendencias de crecimiento de la economía Chilena y el aumento del consumo de energía eléctrica estimada en las proyecciones, Chile enfrenta múltiples desafíos a nivel energético. El principal es contar con los recursos energéticos suficientes y competitivos para apoyar y permitir ese desarrollo. Bajo este enfoque surge la Estrategia Nacional de Energía (ENE) que tiene como finalidad orientar el desarrollo de la matriz energética Chilena para afrontar las necesidades que plantea la demanda de energía. La ENE establece como uno de los seis pilares fundamentales³ el crecimiento con Eficiencia Energética como política de estado,

³ Con miras de orientar la matriz eléctrica de la forma ya descrita, la ENE se basa en seis pilares fundamentales: 1.Crecimiento con Eficiencia Energética: Una Política de Estado; 2.Despegue de las Energías Renovables No Convencionales: Un Desafío Pendiente; 3. El Rol de las Energías Tradicionales: Mayor Preponderancia al Recurso Hídrico, Menor Dependencia Externa; 4.Nuevo Enfoque en Transmisión: Hacia una Carretera Eléctrica Pública; 5.- Hacia un Mercado Eléctrico más Competitivo; 6.- Avance Sostenido en las Opciones de Interconexión Eléctrica Regional.

diseñando para tal fin el Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética (PNAEE), (ENE, 2012).

El PNAEE busca responder a las necesidades actuales y futuras de la demanda de electricidad, las limitaciones de la oferta energética y los altos precios de la energía eléctrica. Así mismo se plantea un consumo energético eficiente, controlado, ya que disminuye el consumo de energía proyectado para el país desacoplando el crecimiento económico del consumo de energía, reduciendo la dependencia de las materias primas importadas para la generación, aumentando la seguridad de suministro y disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero. Adicionalmente contribuye a incrementar la competitividad del país al tener menores costos de producción (PNAEE, 2010).

El presente estudio busca contribuir al debate sobre la existencia y sentido de la relación de causalidad entre el crecimiento económico y el consumo de energía eléctrica en Chile, el cual es un país en desarrollo y donde la demanda de energía parece tener una relación de crecimiento asociada con el crecimiento económico como se observa en la Figura 1-1.

Por otro lado, Chile es un país que se encuentra en un proceso de cambio y fortalecimiento energético, donde las políticas en materia de eficiencia energética no pueden considerarse como conservacionistas, dado que no solamente contemplan la reducción del consumo, sino también el uso adecuado y eficiente de la energía eléctrica. La eficiencia energética puede ser aplicada en las siguientes consideraciones: en primera instancia como la reducción del uso de energía sin bajar el nivel de producción ni el nivel de calidad de vida. En segunda instancia produce más beneficios empleando la misma cantidad de energía, buscando optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos o servicios finales obtenidos. En cualquier caso la eficiencia energética da como resultado ahorro de energía y consumos eficientes, donde la cantidad de energía ya generada que se deja de usar, puede estar disponible para otros usos que mantenga e incentiven el crecimiento económico. Sin embargo los efectos de estas políticas no inciden en los resultados del presente estudio, dado que su implementación inició en el año 2010, el desarrollo de las mismas está iniciando y los resultados son perceptibles en el mediano y largo plazo.

2.Revisión de literatura

La relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico ha sido investigada por diferentes autores en varias regiones y países del mundo. El estudio pionero para determinar la relación causalidad existente entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico fue desarrollado por (Kraft y Kraft, 1978). En este estudio se encontró evidencia de causalidad unidireccional del crecimiento económico al consumo de energía para el periodo de 1947 a 1974. A partir de este año se han desarrollado estudios con variedad de resultados originando diversas posiciones y debates en torno a preguntas como: ¿Qué implicación tiene esta relación?, ¿Puede esta relación servir para la toma de decisiones de política energética en un país? A pesar de la cantidad de estudios desarrollados para diferentes países, en donde se han utilizado diferentes metodologías y condiciones de estudio, aún no se ha podido determinar concretamente la existencia y la dirección de la relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y crecimiento económico de un país.

Existen varias razones que justifican esta situación, en primer lugar cada país tiene un conjunto de condiciones sociales, políticas y económicas que hacen su crecimiento económico más o menos dependiente del consumo energético; diferentes historias políticas y económicas, diferentes manejos políticos e institucionales, diferentes culturas, diferentes ofertas y demandas de energía y diferentes políticas energéticas (Chiou-Wei, Chen, & Zhu, 2008); (Ozturk et al., 2010) Por ejemplo, en el caso de Fiji, existe una dependencia de la energía eléctrica con el crecimiento económico del país (Narayan y Singh, 2007), Fiji es un país importador de grandes volúmenes de energía que requiere para satisfacer su demanda y producción de bienes y servicios, donde la electricidad es el principal insumo para varios sectores como la fabricación, la comunicación, la educación, el comercial, el entretenimiento y la construcción.

Otras posibles razones de los diferentes resultados obtenidos de los estudios realizados, pueden atribuirse desde una perspectiva técnica, a la variedad de metodologías econométricas utilizadas, la selección de las variables, las especificaciones de los modelos, los periodos de tiempo en los estudios y los enfoques econométricos (Payne, 2010). Algunos estudios señalan la falta de consenso en los resultados en razones como la heterogeneidad de las condiciones climáticas, variando así los patrones de consumo de energía, la estructura y las etapas del desarrollo económico de un país, el análisis econométrico alternativo a metodologías empleadas, la presencia de sesgo de variables o variables omitidas y los diversos periodos de tiempo analizados en los estudios (Esso, 2010).

La importancia de la relación de causalidad entre el crecimiento económico y el consumo de energía eléctrica, la explican autores como (Wolde-Rufael, 2006a), los cuales consideran que la electricidad y otras fuentes de energía modernas son requisitos necesarios para el desarrollo económico y social. Estos estudios plantean que para determinar la relación entre la energía eléctrica y el crecimiento económico de un país, parte principalmente del rol que la electricidad tiene y está tomando en la vida de la humanidad. La experiencia en los países desarrollados muestra que el sector eléctrico tiene un papel crucial en el desarrollo económico, no sólo como un insumo clave en el desarrollo industrial, sino también en mejorar la calidad de vida de la población (Rosenberg, 1998). Además, el aumento en el consumo de electricidad ha sido identificado como una fuente importante de la productividad y mejora en los países desarrollados.

Por lo tanto, el conocimiento de la dirección de la causalidad entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico es de vital importancia para la toma de políticas energéticas adecuadas. El debate central es si el consumo de electricidad estimula, retrasa o es neutral para el crecimiento económico. Existen cuatro puntos de vista o posibles opciones de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico. (Odhiambo, 2009), (Payne, 2010), (Ozturk et al., 2010).

El primero denominado "*La Hipótesis Crecimiento*" sostiene una relación de causalidad unidireccional del consumo de energía hacia el crecimiento económico, en este caso, las políticas de conservación energética orientadas a disminuir la demanda de energía eléctrica

podría tener efectos negativos sobre el crecimiento económico. Autores defensores de esta hipótesis argumentan que el uso de la energía moderna es un requisito previo para el progreso económico, social y tecnológico (Ebohon, 1996), (Templete, 1999).

El segundo punto de vista, conocido como "*La Hipótesis Conservadora*" establece una relación de causalidad unidireccional desde el crecimiento económico hacia la demanda de energía eléctrica; en este escenario las políticas de conservación de energía eléctrica tienen un impacto mínimo o nulo sobre el crecimiento económico, debido a que el costo de la energía es muy pequeño como proporción del PIB y por lo tanto el consumo de energía es probable que tenga un impacto poco significativo en el crecimiento de económico (Wolde-Rufael, 2010).

Asimismo, varios trabajos han encontrado una relación de causalidad bidireccional entre la demanda de energía eléctrica y el crecimiento económico, es decir "*la hipótesis de retroalimentación*", en donde las políticas conservadoras de energía no son recomendables, al contrario, se propone incentivar el desarrollo del sector eléctrico para impulsar el crecimiento económico.

Finalmente, varios autores han encontrado en sus estudios, el cuarto punto de vista "*la hipótesis de neutralidad*", la cual afirma que no existe ninguna relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico. En este escenario, las políticas de conservación de energía orientadas a la reducción del consumo energético no tendrían influencia en el crecimiento económico.

La mayoría de estudios de causalidad realizados han empleado metodologías bivariantes, es decir utilizado solamente las dos variables bajo estudio el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico, para determinar la relación de causalidad. Existe otra tendencia de estudios como los publicados por: (Narayan & Smyth, 2005), (Ghosh, 2009), (Al-mulali, Lee, Hakim Mohammed, & Sheau-Ting, 2013), entre otros, que critican las metodologías de causalidad bivariada, afirmando que estas presentan dos limitaciones. En primer lugar, los estudios realizados con modelos de análisis causal bivariado podrían sufrir de sesgo u omisión de variables y así generar conclusiones erróneas o incompletas. En segundo lugar, los modelos de causalidad bivariados son sensibles a la inclusión de una tercera variable, no sólo

alterando la dirección de causalidad entre las dos variables, sino también modificando la magnitud de la estimación (Odhiambo, 2008).

Adicionalmente, la no-causalidad en un sistema de dos variables puede ser el resultado de un descuidado manejo de variables (Lütkepohl, 2004) e información incompleta o con poca fuerza que por sí sola no permita determinar la verdadera relación de causalidad (Wolde-Rufael, 2006b). Para solventar las limitaciones presentadas en el análisis de causalidad tradicional de un modelo bivariado, se propone utilizar como perspectiva complementaria un modelo simple de causalidad multivariado. Este modelo consiste en realizar un análisis de causalidad incorporando una tercera o cuarta variable que aporte información al fenómeno bajo estudio, como: la tasa de empleo, la tasa de desempleo, la tasa de interés, los precios de la energía, nivel de importaciones y exportaciones, entre otros.

Por otra parte, en la Tabla 2-1 se presentan los estudios econométricos desarrollados para determinar la relación de causalidad y entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico para el caso de Chile.

Tabla 2-1: Estudios de causalidad realizados en Chile.

| No. | Autor y año | Periodo | Metodología | Resultados |
|-----|-------------------------------------|-------------|--|---|
| 1 | (Nachane, 1988) | 1950 - 1984 | Causalidad de Granger, Cointegración, VECM | ELEC → Y |
| 2 | (Lee, 2005) | 1975 - 2001 | Datos panel, VECM | ELEC → Y |
| 3 | (González, 2006) | 1974 - 2003 | Causalidad de Granger, Cointegración, VECM | ELEC ≠ Y |
| | | 1950 - 2003 | | ELEC → Y |
| | | 1950 - 1973 | | Y → ELEC |
| 4 | (Chontanawat, Hunt, & Pierse, 2008) | 1971 - 2000 | Causalidad de Granger, Cointegración, VECM | ELEC → Y |
| 5 | (Huang, 2008) | 1972 - 2002 | Datos panel, Modelo GMM | Con ingresos bajos no causalidad. Con ingresos medios y altos Y → ELEC |
| 6 | (Yoo & Kwak, 2010) | 1975 - 2006 | Causalidad de Granger, Cointegración, VECM | ELEC → Y |

Tabla 2-2: Estudios de causalidad realizados en Chile. (Continuación)

| No. | Autor y año | Periodo | Metodología | Resultados |
|-----|--------------------------|-------------|-------------------------------------|------------|
| 7 | (Apergis & Payne, 2010) | 1980 - 2005 | Datos Panel | ELEC → Y |
| 8 | (Al-mulali et al., 2013) | 1980 - 2008 | Regresión de cointegración canónica | ELEC ↔ Y |
| 9 | (Barreto & Campo, 2012) | 1980 - 2009 | Datos panel | ELEC → Y |
| 10 | (Fonseca, 2013) | 1971 - 2009 | Datos panel | ELEC ↔ Y |

Nota: ELEC denota el consumo de electricidad; Y denota el crecimiento económico; (→) denota la dirección de la relación de causalidad; (≠) denota la ausencia de la causalidad entre las variables. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados indican que seis (6) estudios presentan una relación de causalidad direccionada desde la demanda de energía eléctrica hacia el crecimiento al económico, es decir, la demanda de energía eléctrica contiene información útil para predecir el comportamiento del crecimiento económico. Por lo tanto, políticas de conservación energéticas enfocadas exclusivamente en disminuir el consumo de energía eléctrica, podrían llegar a afectar negativamente el crecimiento económico. Para la realización de estos estudios se emplearon las siguiente metodologías de análisis como: La causalidad de Granger mediante VARs (Vectores Autorregresivos), la metodología VECM (Modelos de Vector – Error Corrección), la metodología MMG (Método de los Momentos Generalizado), datos panel y cointegración canónica, los periodos de estudio y los resultados también difieren de un estudio a otro.

El desarrollo del presente estudio busca contribuir a la discusión sobre la existencia o no de causalidad y dirección entre la demanda de Energía Eléctrica, el Crecimiento Económico, incluyendo el análisis de una tercera variable como el Empleo, para el país de Chile entre los años 1075 – 2011, empleando la metodología de causalidad trivariada propuesta por (Odhiambo, 2009).

3. Metodología: Técnicas de Estimación

3.1 Especificación del modelo

La metodología usada en este trabajo para determinar la relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico para Chile, fue la desarrollada por Nicholas M. Odhiambo en el estudio “*Electricity consumption and economic growth in South Africa: A trivariate causality test*”, publicado en la revista *Energy Economics*, en el año 2009.

Odhiambo seleccionó el método de Causalidad de Granger para determinar la relación causalidad entre las variables de estudio, debido a que este método tiene la característica de estimar resultados confiables independientemente del tamaño de la muestra. Por otra parte, dado el alcance asociado a los estudios de causalidad bivariado mencionado en la revisión literaria, el autor propone en la metodología examinar la relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico, incorporando el empleo como la tercera variable de análisis, generando de este modo un modelo de causalidad trivariado. El análisis de causalidad se realizó con base al Mecanismo de Corrección del Error (MCE)⁴, con la siguiente representación:

(3.1)

$$\ln PIB_t = \lambda_0 + \sum_{i=1}^m \lambda_{1i} \ln PIB_{t-i} + \sum_{i=1}^m \lambda_{2i} \ln ELEC_{t-i} + \sum_{i=1}^m \lambda_{3i} \ln EMP_{t-i} + \lambda_4 MCE_{t-1} + \mu_t$$

(3.2)

$$\ln ELEC_t = \varphi_0 + \sum_{i=1}^m \varphi_{1i} \ln PIB_{t-i} + \sum_{i=1}^m \varphi_{2i} \ln ELEC_{t-i} + \sum_{i=1}^m \varphi_{3i} \ln EMP_{t-i} + \varphi_4 MCE_{t-1} + \varepsilon_t$$

(3.3)

$$\ln EMP_t = \delta_0 + \sum_{i=1}^m \delta_{1i} \ln PIB_{t-i} + \sum_{i=1}^m \delta_{2i} \ln ELEC_{t-i} + \sum_{i=1}^m \delta_{3i} \ln EMP_{t-i} + \delta_4 MCE_{t-1} + \nu_t$$

⁴ También se identifica como VECM, por sus siglas en inglés Vector Error Correction Model.

Donde: $\ln PIB_t$: Logaritmo natural del Crecimiento Económico; $\ln ELEC_t$: Logaritmo natural del Consumo de Energía Eléctrica; $\ln EMP_t$: Logaritmo Natural del Empleo; MCE_{t-1} : Términos del Modelo de Corrección de Error rezagado un periodo; y $v_t, \varepsilon_t, \mu_t$: Residuales (Ruido Blanco).

El término de causalidad fue introducido por C. Granger a final de los años 60. La causalidad en sentido Granger se define como: ‘Si un evento “A” ocurre después del evento “B”, entonces “A” no puede causar a “B”’, esta afirmación conlleva a dos implicaciones: primero, la causa ocurre antes del efecto y segundo, la causa contiene información que es única y no está en la otra variable (Granger, 1969), en otras palabras, el tiempo no corre hacia atrás, el futuro no puede causar el pasado. Muchos autores prefieren el término precedencia en vez de causalidad, si el enunciado es “ Y_i causa a Y_j ” se interpreta como “ Y_i contiene información útil para predecir Y_j ” (Gujarati, 2003).

El método de la causalidad de Granger basado en el Mecanismo de Corrección del Error determina la dirección de la causalidad entre las variables bajo estudio pero adicionalmente, permite distinguir entre la causalidad de Granger en el corto y en el largo plazo. En el corto plazo, la relación de causalidad es medida por medio de la prueba estadística F , evaluando que los coeficientes de los términos rezagados de las variables independientes en cada una de las ecuaciones sean significativamente diferentes de cero, en este caso la variable explicativa causa en sentido Granger la variable dependiente. Por otro lado, la causalidad en el largo plazo es medida por medio de la prueba estadística t , se dice que existe causalidad de largo plazo si el coeficiente del término MCE es estadísticamente significativo. (Odhiambo, 2009). Dado el modelo y las ecuaciones (3.1), (3.2) y (3.3), se presenta en la Tabla 3-1 las posibles relaciones de causalidad entre la demanda de energía eléctrica, el crecimiento económico y el empleo:

Tabla 3-1: Relaciones de causalidad

| Relación de causalidad | Corto plazo | Largo Plazo |
|---|-----------------------|--------------------|
| Consumo de electricidad → Crecimiento económico | $\lambda_{2i} \neq 0$ | $\lambda_4 \neq 0$ |
| Empleo → Crecimiento económico | $\lambda_{3i} \neq 0$ | |
| Crecimiento económico → Consumo de electricidad | $\varphi_{1i} \neq 0$ | $\varphi_4 \neq 0$ |
| Empleo → Consumo de electricidad | $\varphi_{3i} \neq 0$ | |
| Crecimiento económico → Empleo | $\delta_{1i} \neq 0$ | $\delta_4 \neq 0$ |
| Consumo de electricidad → Empleo | $\delta_{2i} \neq 0$ | |

Fuente: elaboración propia.

El proceso metodológico para la determinación de la causalidad se realizó en tres secciones o etapas de desarrollo⁵ explicadas a continuación: (Figura 3-1)

Etapa I

La primera etapa consistió en la identificación de la estacionariedad⁶ de las series y en caso de no ser estacionarias, la verificación del orden de integración⁷ de las mismas. Para esto, se utiliza la prueba ADF Aumentada de Dickey Fuller, la expresión que se estima para realizar la prueba es la siguiente:

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.4)$$

La hipótesis nula es, $H_0: \delta = 0$. La serie es no estacionaria, tiene una raíz unitaria. La hipótesis alternativa es $H_1: \delta \neq 0$. La serie es estacionaria. Al rechazar H_0 afirmamos que la serie es estacionaria. Así mismo, la ADF es un número negativo, mientras más negativo sea el estadístico ADF, mayor es el rechazo de la hipótesis nula sobre la existencia de una raíz unitaria

⁵ Esta sección se apoya en el trabajo de (Chontanawat et al., 2008) y (González, 2006).

⁶ *Estacionariedad de la serie:* Características de las series donde la media y la varianza son constantes en el tiempo y el valor de la covarianza entre dos periodos depende solamente de la distancia o rezago entre estos dos periodos de tiempo y no del tiempo en el cual se ha calculado la covarianza.

⁷ *Orden de Integración:* Se refiere al número de veces que se debe diferenciar una serie de tiempo para convertirla en estacionaria.

o no estacionariedad. Si no se rechaza la hipótesis nula de no estacionariedad, se determina que la variable es integrada de orden uno (1), en este caso se pasa a la etapa II, para verificar la existencia de cointegración en las variables.

Figura 3-1: Etapas metodológicas



Fuente: Figura modificada de (González, 2006).

Etapa II

En la segunda etapa, se determina la existencia o no de cointegración entre las variables bajo estudio. La metodología de cointegración permite identificar las relaciones estables de largo plazo entre las variables; es la propiedad de las series de tiempo de compartir una tendencia común, de tal forma que al realizar una combinación lineal entre dos series con un orden de

integración uno (1), se obtiene una serie integrada de orden cero (0), es decir una serie estacionaria.

Desde otro punto de vista, la cointegración es un análisis de descomposición de series de tiempo, debido a que identifica los componentes tendenciales de las series y determina si existe un comportamiento común entre ellos⁸. Se podría decir que la combinación lineal cancela las tendencias estocásticas entre las series (Gujarati, 2003). De igual forma, la relación de cointegración entre un grupo de variables asegura que la relación estimada entre estas no sea espuria⁹ y lleve a conclusiones erróneas.

En este trabajo se aplica el método de cointegración desarrollado por Johansen, cuyo procedimiento parte de la estimación de un Vector Autoregresivo – VAR. Este método presenta la favorabilidad de que es aplicable a sistemas de ecuaciones, además permite la identificación de múltiples vectores de cointegración entre las variables mediante la prueba de la Traza y del Eigenvalue máximo (Mata, 2003). De manera análoga, es muy importante utilizar una adecuada estructura en el método y un correcto diagnóstico del VAR, dado que esto permite asegurar que los residuos sean ruido blanco¹⁰ y garantizar la apropiada estimación del modelo.

Para determinar la estructura del VAR es fundamental la selección del número de variables y rezagos. A medida que se incrementa el número de variables y de rezagos del VAR, el R^2 tenderá a aumentar pero simultáneamente el coeficiente de Durbin – Watson tenderá a disminuir con lo cual, podrían aparecer problemas de autocorrelación y colinealidad, generando así parámetros inconsistentes. Adicionalmente, se pierden grados de libertad, lo cual podría conducir a estimaciones inconsistentes o incluso a la imposibilidad de hacer la estimación (Loría, 2007). Para solventar estas dificultades, se seleccionó el número de rezagos utilizando el criterio de información de Akaike y Schwarz Bayesian.

⁸ La serie de tiempo fundamentalmente están constituidas por un componente tendencial, un componente cíclico, un componente estacional y un componente estocástico.

⁹ *Relaciones espurias*: La relación espuria da la impresión de la existencia de un vínculo apreciable entre dos series de tiempo, pero el cual es invalido cuando se examina con detenimiento, se caracteriza por incrementos en el coeficiente R^2 y disminución del coeficiente de Durbin – Watson.

¹⁰ *Ruido Blanco*: Es un proceso estocástico con media cero y una varianza constante e independientes de cualquier valor del tiempo.

Del mismo modo, es importante verificar el diagnóstico de los residuales del VAR para garantizar que cumplan con las propiedades estadísticas ruido blanco. Para esto, se aplican las pruebas de autorrelación de Pormanteau (Calcula el estadístico multivariado Q de Box – Pierce /Ljung Box), autocorrelación del Multiplicador de Lagrange (LM), normalidad y de homoscedasticidad.

La prueba de cointegración contrasta las siguientes hipótesis: primero, se desarrolla la prueba del estadístico traza, donde la hipótesis nula es de no cointegración y la hipótesis alternativa afirma la existencia de al menos una relación de cointegración. El segundo paso consiste en la prueba del estadístico del máximo valor propio, donde la hipótesis nula afirma la existencia de una relación de cointegración, mientras la hipótesis alternativa sostiene la existencia de al menos dos relaciones de cointegración.

$$\text{Estadístico de la traza: } \lambda_{traza}(r) = -T \sum_{i=r+1}^k \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (3.5)$$

$$\text{Estadístico del Máximo valor propio: } \lambda_{max}(r, r + 1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (3.6)$$

Donde λ hace referencia a los valores propios del sistema.

Finalmente, cuando se determina la existencia de al menos una relación de cointegración, se procede a estimar la causalidad de Granger basado en el Mecanismo de Corrección de Error, es decir, la etapa III.

Etapa III

La presencia de cointegración permite emplear la prueba de causalidad de Granger basada en el Mecanismo de Corrección de Error (Payne, 2010), es decir, la cointegración es una condición necesaria para que haya Modelos de Corrección de Error. De igual forma, si existe una relación de cointegración, existe necesariamente una representación de esta relación de largo plazo en una de corto plazo que corrige el error y evita que las series cointegradas se dispersen en el tiempo (Loría, 2007).

El Modelo de Corrección de Error (MCE), modela la dinámica en el corto plazo; se fundamenta en el argumento de que es posible modelar la dinámica de un sistema en término de sus

desviaciones de estado estacionario o de equilibrio, de tal forma que en el largo plazo el sistema fluctúa alrededor de una tendencia común, la cual describe su estado de equilibrio, y solo se desvía temporalmente debido a choques transitorios. Se puede concluir que el MCE sirve para conciliar el comportamiento de corto plazo de una variable económica con su comportamiento de largo plazo (Gujarati, 2003).

El término MCE se compone de dos partes:

$$H_o(r): \Pi = \alpha\beta \quad (3.7)$$

Donde α es una matriz de parámetros de velocidad de ajuste al equilibrio y el β es la matriz que cointegración.

3.2 Definición de variables

Las series de tiempo empleadas están conformadas por datos anuales, iniciando en el año 1975 hasta el año 2011, equivalente a un total de 36 observaciones. Todas las variables están expresadas en logaritmos naturales. A continuación se explica las fuentes de información y las definiciones de cada una de las variables:

- i. **Consumo de Energía Eléctrica (ELEC):** Las series del Consumo de Energía Eléctrica Total (kWh) para Chile, se obtuvieron de la base de datos del Banco Mundial¹¹.
- ii. **Crecimiento Económico (PIB):** Las series de tiempo del Crecimiento Económico PIB a precios constantes del 2005 en dólares americanos (\$US), fueron tomadas del Banco Mundial¹².

¹¹ Consumo de energía eléctrica mide la producción de las centrales eléctricas y de las plantas de cogeneración menos las pérdidas ocurridas en la transmisión, distribución y transformación y el consumo propio de las plantas de cogeneración. Tomado del Banco mundial

¹² El PIB a precio de comprador es la suma del valor agregado bruto de todos los productores residentes en la economía más todo impuesto a los productos, menos todo subsidio no incluido en el valor de los productos. Se calcula sin hacer deducciones por depreciación de bienes manufacturados o por agotamiento y degradación de recursos naturales. Los datos se expresan en dólares de los Estados Unidos a precios constantes del año 2005. Las cifras en dólares del PIB se obtuvieron convirtiendo los

El empleo (EMP): Las series se obtuvieron de la base de datos LABORSTA del Departamento de Estadística de la Oficina Internacional del Trabajo (OIT). Esta variable se expresa en unidades de miles de personas empleadas¹³.

valores en monedas locales utilizando los tipos de cambio oficiales del año 2005. Tomado del Banco Mundial.

¹³ Se considera como personas con empleo a todas las personas que tengan más de cierta edad especificada y que durante un breve período de referencia, tal como una semana o un día, estuvieran en cualquiera de las siguientes categorías: empleo asalariado o empleo independiente, definición tomada de la decimotercera Conferencia Internacional de Estadísticos del Trabajo (Ginebra, 1982). Tomado de la OIT.

4. Resultados: Análisis empírico

En esta parte del trabajo se presentan los resultados empíricos obtenidos a partir de las pruebas de estacionariedad, cointegración y el método de causalidad de Granger. Este método, basado en el Mecanismo de Corrección de Error, es utilizado para determinar la relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico en el corto y largo plazo. Adicionalmente, se incorpora el empleo como una tercera variable generando un modelo de causalidad trivariado en el país de Chile.

4.1 Etapa I - Prueba de estacionariedad

Para determinar la estacionariedad de las series o el orden de integración de las mismas, se aplica la prueba ADF Aumentada de Dickey Fuller a las series de consumo de energía eléctrica, el crecimiento económico y el empleo. Las pruebas se desarrollan utilizando el software RATS 7.2¹⁴ al 5% del nivel de significancia. Los resultados se presentan en las Tabla 4-1, Tabla 4-2 y Tabla 4-3.

Tabla 4-1: Prueba de estacionariedad para la variable Consumo de Energía Eléctrica.

| Variable ¹⁵ | | Condición | Rezagos | Valor crítico | Valor test ADF | Estacionario |
|------------------------|---------|-----------------------|---------|---------------|----------------|--------------|
| Electricidad | elec | Tendencia y constante | 2 | -3,5468 | -1,6083 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | 3,4083 | No |
| | lnelec | Tendencia y constante | 1 | -3,5426 | -1,8094 | No |
| | | Constante | 1 | -2,9472 | -0,1547 | No |
| | dlnelec | Tendencia y constante | 0 | -3,5426 | -3,6750 | Si |

¹⁴ El software calcula la longitud óptima del retraso para la regresión ADF sumando los rezagos hasta que la prueba de Ljung-Box rechaza correlación serial residual al 5% del nivel de significancia.

¹⁵ Ver la lista de símbolos y abreviaturas.

Tabla 4-2: Prueba de estacionariedad para la variable Crecimiento Económico.

| Variable | | Condición | Rezagos | Valor crítico | Valor test ADF | Estacionario |
|----------|--------|-----------------------|---------|---------------|----------------|--------------|
| PIB | pib | Tendencia y constante | 0 | -3,5386 | -1,3481 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | 2,9529 | No |
| | lnpib | Tendencia y constante | 0 | -3,5386 | -1,3554 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | -0,6946 | No |
| | dlnpib | Tendencia y constante | 0 | -3,5426 | -3,8425 | Si |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-3: Prueba de estacionariedad para la variable Empleo.

| Variable | | Condición | Rezagos | Valor crítico | Valor test ADF | Estacionario |
|----------|--------|-----------------------|---------|---------------|----------------|--------------|
| Empleo | emp | Tendencia y constante | 0 | -3,5386 | -1,8137 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | 1,0130 | No |
| | lnemp | Tendencia y constante | 0 | -3,5386 | -2,1156 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | -0,5466 | No |
| | dlnemp | Tendencia y constante | 0 | -3,5426 | -6,4331 | Si |

Fuente: Elaboración propia.

Se desarrollaron las pruebas de estacionariedad a las series en niveles y en primeras diferencias, incluyendo los términos de tendencia y constante y solo constante. Los resultados muestran que las tres variables bajo estudio son NO estacionarias en niveles, sin embargo los resultados de las series en primeras diferencias rechazan la hipótesis nula de raíz unitaria para las tres variables. Por ello, se concluye que las tres variables son integradas de orden uno $I(1)$, condición necesaria para aplicar la prueba de cointegración sobre cada una de las variables.

4.2 Etapa II - Prueba de cointegración

Después de verificar el orden de integración $I(1)$ de las variables bajo estudio, se procede a determinar si existe o no una relación de cointegración de largo plazo entre las series, es decir al menos un vector de cointegración que represente una combinación lineal estacionaria de las

series. Para esto, se aplica la prueba de cointegración de Johansen. Las estimaciones del análisis de cointegración se desarrollaron en el programa Eviews 7.

El primer lugar, se determinó el orden adecuado de los rezagos a ser incluidos en la prueba de cointegración y en el Modelo de Corrección del Error. A partir de una representación VAR (p) en niveles¹⁶ y evaluando los criterios de información de Akaike y Schwarz se seleccionó el número de rezagos pertinentes, para este caso se estableció 2 rezagos, VAR (2). Ahora bien, el Modelo de Corrección de Error, MCE es de orden $p-1$, es decir, MCE (1)¹⁷.

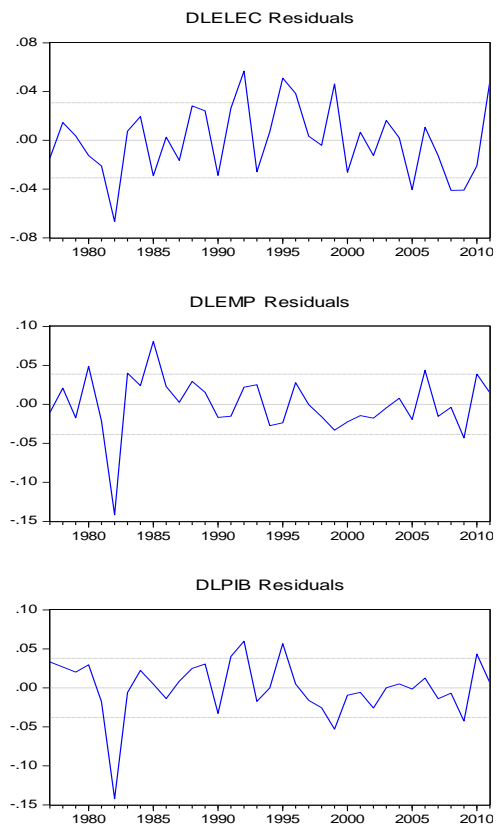
Posteriormente, se realizaron las pruebas de verificación para la estabilidad del VAR, entre estas se analizaron las raíces del polinomio característico y prueba de exclusión de retardos. De igual forma se realizaron las pruebas de diagnóstico de los residuos para verificar su comportamiento como ruido blanco. Se confirmó la ausencia de autocorrelación de los residuos por medio de las gráficas de los correlogramas, la prueba de autocorrelación de Pormanteau y la prueba del Multiplicador de Lagrange (LM). De modo similar, se aplicó la prueba de normalidad, donde los residuos no cumplen con la hipótesis nula de seguir una distribución estándar normal, por tal motivo fue necesario añadir una variable dummy en el año 1982. Finalmente, se desarrolló la prueba de heteroscedasticidad, donde se encontró que todos los términos de error tienen la misma varianza, es decir son homocedásticos. Los resultados de estas pruebas se encuentran en el anexo 1.

La variable dummy (D82) permite captar el comportamiento atípico que se presentó en el año 1982 debido a la crisis económica Chilena. La dependencia de Chile hacia el mercado externo ocasiono que el país estuviera fuertemente afectado por la recesión mundial de 1980. Esto generó que el PIB disminuyera un 14,3%, el desempleo alcanzara un 23,7% y el gobierno chileno devaluara el peso un 18% (Salazar y Pinto 2002). La Figura 4-1 describe el comportamiento de los residuales sin la variable dummy y muestra la necesidad de incluir la misma para capturar el efecto de los cambios estructurales presentados en el año 1982.

¹⁶ Al respecto Sims (1980) y Enders(1995) sugieren no diferenciar las series, a pesar de que tengan raíz unitaria, bajo el argumento de que al hacerlo se pierde información relevante que explique adecuadamente el fenómeno de estudio. (Loría, 2007)

¹⁷ Esto, dado que un modelo VAR de orden (p), puede ser escrito como un modelo MCE de orden ($p-1$). (Lütkepohl, 2004); (Espinosa & Vaca, 2013).

Figura 4-1: Residuos del modelo son la inclusión de la variable dummy



Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso, fue determinar la mejor representación matemática del modelo de cointegración conforme a los criterios de información estadísticos. El anexo 1 presenta los resultados arrojados por los criterios de información de Akaike y Schwarz, en los cuales se seleccionó la cuarta estructura como la mejor especificación obteniendo como resultado que la ecuación de cointegración se conforma por un término constante y una tendencia lineal.

Finalmente bajo la anterior especificación del modelo, los resultados de la prueba de cointegración de Johansen se presentan en la Tabla 4-4. Se observa que la hipótesis nula de no cointegración se rechaza y se indica la existencia de una ecuación de cointegración para el estadístico de la traza y para el estadístico del máximo valor propio al 5% de significancia. Se concluye, existe una relación estacionaria de largo plazo entre el consumo de energía eléctrica, el crecimiento económico y el empleo en el país de Chile.

Tabla 4-4: Resultados de la prueba de cointegración de Johansen.

| No. Ecuaciones | Estadístico de la traza | | Estadístico de Max. Valor Propio | |
|----------------|-------------------------|---------------|----------------------------------|---------------|
| | Estadístico traza | Valor crítico | Estadístico Max. Valor | Valor crítico |
| Ninguna | 62,72501 | 42,91525 | 47,91582 | 25,82321 |
| Al menos 1 | 14,80919 | 25,87211 | 9,332703 | 19,38704 |
| Al menos 2 | 5,476484 | 12,51798 | 5,476484 | 12,51798 |

Fuente: Cálculos propios.

4.3 Etapa III - Análisis de causalidad basado en el modelo de corrección del error - MCE

Dado que existe una relación de cointegración de largo plazo entre las variables analizadas, se construye un Modelo de Corrección de Error (MCE) que contiene los siguientes parámetros: vectores autoregresivos de las variables explicativas (un rezago anual del PIB, ELEC y EMP)¹⁸, la ecuación de cointegración¹⁹ (normalizada respecto al Crecimiento económico)²⁰, la variable dummy (d82) y el termino error. Estos parámetros se representan mediante la siguiente expresión para cada una de las variables:

$$\Delta \ln \text{PIB}_t = \lambda_0 + \sum_{i=1}^m \lambda_{1i} \Delta \ln \text{PIB}_{t-i} + \sum_{i=1}^m \lambda_{2i} \Delta \ln \text{ELEC}_{t-i} + \sum_{i=1}^m \lambda_{3i} \Delta \ln \text{EMP}_{t-i} + \alpha_1 [\beta_1 \ln \text{PIB}_{t-1} + \beta_2 \ln \text{ELEC}_{t-1} + \beta_3 \ln \text{EMP}_{t-1} + \beta_4 T + \beta_5] + d82 + \mu_t \quad (4.1)$$

$$\Delta \ln \text{ELEC}_t = \varphi_0 + \sum_{i=1}^m \varphi_{1i} \Delta \ln \text{PIB}_{t-i} + \sum_{i=1}^m \varphi_{2i} \Delta \ln \text{ELEC}_{t-i} + \sum_{i=1}^m \varphi_{3i} \Delta \ln \text{EMP}_{t-i} + \alpha_2 [\beta_1 \ln \text{PIB}_{t-1} + \beta_2 \ln \text{ELEC}_{t-1} + \beta_3 \ln \text{EMP}_{t-1} + \beta_4 T + \beta_5] + d82 + \varepsilon_t \quad (4.2)$$

$$\Delta \ln \text{EMP}_t = \delta_0 + \sum_{i=1}^m \delta_{1i} \Delta \ln \text{PIB}_{t-i} + \sum_{i=1}^m \delta_{2i} \Delta \ln \text{ELEC}_{t-i} + \sum_{i=1}^m \delta_{3i} \Delta \ln \text{EMP}_{t-i} + \alpha_3 [\beta_1 \ln \text{PIB}_{t-1} + \beta_2 \ln \text{ELEC}_{t-1} + \beta_3 \ln \text{EMP}_{t-1} + \beta_4 T + \beta_5] + d82 + \nu_t \quad (4.3)$$

La interpretación de resultados debe contemplar que la existencia de correlación en el largo plazo entre las variables no necesariamente implica causalidad entre las mismas (Blanchard y Fisher, 1989). Los resultados que indican “causalidad” deben interpretarse con precaución

¹⁸ El número de rezagos óptimos para la estimación MCE se obtuvo en la estructuración del VAR mediante los criterios de Akaike y Schwarz.

¹⁹ La representación de la ecuación de cointegración estimada tiene intercepto y tendencia.

²⁰ La literatura recomienda normalizar la ecuación de cointegración respecto a la variable de mayor interés y a la más endógena del modelo.

para no inferir conclusiones erróneas²¹. Dada esta aclaración, se procede a utilizar el término de *causalidad en sentido Granger*²² para la interpretación de los resultados en este estudio.

La metodología del MCE permite analizar la dinámica de ajuste en el corto y largo plazo entre el consumo de energía, el crecimiento económico y el empleo. La relación de causalidad en el corto plazo se determina por medio del *estadístico F* y de la evaluación de las significancias de los rezagos de las variables explicativas. Por otro lado, en el largo plazo, la relación de causalidad se define por medio de la prueba del *estadístico t* midiendo el nivel de significancia de los coeficientes del término MCE. (Odhiambo, 2009). El desarrollo de este estudio utilizó el software Eviews 7 y los resultados se presentan en el anexo 1.

En el corto plazo, el término rezagado de la electricidad influye positivamente en el crecimiento económico, es decir, hay una relación de causalidad en el corto plazo del consumo de energía eléctrica al crecimiento económico al 10 % de significancia, pero no al 5%²³. Por otra parte, los términos rezagados del crecimiento económico y el empleo no tienen una relación de causalidad hacia la electricidad, debido a que estadísticamente no son diferentes de cero. Finalmente, los términos rezagados del crecimiento económico, el consumo de energía eléctrica y el empleo influyen significativamente en el empleo debido a que son estadísticamente significativos diferentes a cero al 5 %, en otras palabras existe una relación de causalidad del crecimiento económico y el consumo de energía eléctrica hacia el empleo en el corto plazo. En la Tabla 4-5 se presentan los resultados.

²¹ Para solventar este inconveniente se realizan pruebas de diagnóstico del MCE para verificar la adecuada estimación del modelo y se recurre a la teoría económica para dar soporte al comportamiento observado.

²² Causalidad en sentido Granger entendido como una mejora en la estimación de la variable bajo estudio contemplando no solo sus valores pasados sino los valores pasados de las variables explicativas. En otras palabras, si " Y_i causa a Y_j " se interpreta como " Y_i contiene información útil para predecir Y_j " (Gujarati, 2003).

²³ La significancia es la probabilidad o riesgo que asume el investigador de equivocarse y rechazar la hipótesis nula (H_0) cuando está en realidad es cierta, en este caso la H_0 es la NO existencia de causalidad entre las variables.

Tabla 4-5: Resultados de la prueba de causalidad en el corto plazo.

| | $\Delta \ln \text{PIB}_t$ | $\Delta \ln \text{ELEC}_t$ | $\Delta \ln \text{EMP}_t$ |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| $\Delta \ln \text{PIB}_{t-1}$ | 0,269961 (1,68418)** | -0,049363 (-0,28279) | 0,413441 (4,38348)* |
| $\Delta \ln \text{ELEC}_{t-1}$ | 0,428067 (1,86644)** | 0,268315 (1,07431) | 0,310477 (2,30064)* |
| $\Delta \ln \text{EMP}_{t-1}$ | 0,197406 (1,38936) | 0,019382 (0,12526) | -0,270936 (-3,24070)* |

Nota: *, ** denota el nivel de significancia al 5 % y 10 %, respectivamente. () denota el *t* estadístico. Fuente: Cálculos propios.

Por otro lado, el análisis de cointegración en el largo plazo se divide en dos partes, la interpretación de la ecuación de cointegración y el estudio de la velocidad de ajuste del MCE. En las Tabla 4-6 y Tabla 4-7 se presentan las dos partes del análisis, los cálculos se estimaron normalizando el MCE respecto al crecimiento económico.

En la Tabla 4-6 se presentan los coeficientes de la relación de largo plazo y su nivel de significancia, se observa que los términos de crecimiento económico (PIB) y empleo (EMP) son estadísticamente significativos al 5 % e influyen positivamente en el crecimiento de Chile,²⁴ lo cual confirma que existe una relación de largo plazo entre las variables bajo estudio. De esta manera, la elasticidad del crecimiento económico al consumo de energía eléctrica es del 4,33 y la elasticidad del crecimiento económico al empleo es del 9,03, identificándose una mayor influencia del empleo sobre el crecimiento en comparación del consumo de energía eléctrica sobre el crecimiento económico chileno.

²⁴ Se debe tener en cuenta que el paquete econométrico empleado invierte los signos.

Tabla 4-6: Resultados prueba de causalidad largo plazo - Ecuación de cointegración.

| Ecuación de cointegración (β) | | | | |
|---|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|----------|
| $\ln PIB_{t-1}$ | $\ln ELEC_{t-1}$ | $\ln EMP_{t-1}$ | @TREND | C |
| 1,0000 | -4,324683 (-8,36904)* | -9,032210 (9,19431)* | 4,462616 (8,73446)* | 184,8088 |

Nota: *, ** denota el nivel de significancia al 5 % y 10 %, respectivamente. () denota el t estadístico. Fuente: Cálculos propios.

Con base en los criterios estadísticos en la prueba de Johansen, se seleccionó la representación matemática, con tendencia lineal e intercepto para representar la relación de cointegración entre las variables estudiadas. Reescribiendo los resultados se presentan la siguiente ecuación (4.4):

$$\ln PIB_{t-1} = 4,324683 \ln ELEC_{t-1} + 9,032210 \ln EMP_{t-1} - 0,462616 T - 184,8088 \quad (4.4)$$

De manera similar, en la Tabla 4-7 se presentan los resultados del coeficiente de velocidad de ajuste para cada ecuación de cointegración. Para empezar, se infiere la velocidad de ajuste para el crecimiento económico es $\alpha_1 = 0,026217$, con un nivel de significancia del 10 %, donde se puede afirmar que la ecuación corrige en un 2,6% los desequilibrios presentados en un periodo de un año. Ahora bien, la velocidad de ajuste del consumo de energía eléctrica no fue significativamente diferente de cero en términos estadísticos, de manera que esta ecuación no contribuye a la restauración de la relación de equilibrio de las series en el largo plazo²⁵. Finalmente, el término de velocidad de ajuste del empleo es $\alpha_3 = 0,074547$, significativo estadísticamente al 5 % de significancia y corrige el desequilibrio frente a un choque inesperado en un 7,5 %. Como conclusión existe una relación de causalidad del crecimiento económico y el consumo de energía eléctrica hacia el empleo en el largo plazo al 5 % de significancia.

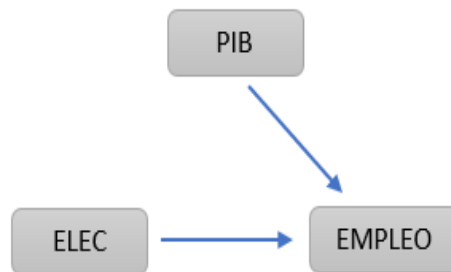
²⁵ El equilibrio puede ser perturbado por la ocurrencia de un choque inesperado en el corto plazo, lo cual hace que las series se desvíen temporalmente del equilibrio

Tabla 4-7: Resultados de la prueba de causalidad en el largo plazo – Velocidad de ajuste.

| Velocidad de ajuste (α) | | |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| $\Delta \ln \text{PIB}_{t-1}$ | $\Delta \ln \text{ELEC}_{t-1}$ | $\Delta \ln \text{EMP}_{t-1}$ |
| 0,026217 (1,753332)** | -0,008795 (-0,54011) | 0,074547 (8,47282)* |

Nota: *, ** denota el nivel de significancia al 5 % y 10 %, respectivamente. () denota el *t* estadístico. Fuente: Cálculos propios.

Adicionalmente, Eviews permite calcular el test de causalidad de Granger de las variables bajo estudio a nivel general aplicando la prueba de exogeneidad de Wald, donde la hipótesis nula es la no existencia de causalidad entre las variables. Los resultados se presentan en el anexo 1, se infiere que no se presenta una relación de causalidad entre el crecimiento económico y el consumo de energía eléctrica, dado que no se rechaza la hipótesis nula de no causalidad al 5% de significancia. No obstante los resultados obtenidos indican una relación de causalidad desde el crecimiento económico y el consumo de energía eléctrica hacia el empleo, rechazando la hipótesis nula de no causalidad, (Figura 4-2)

Figura 4-2: Prueba de Causalidad de Granger general.

Fuente: Elaboración propias.

En la Tabla 4-8 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en esta investigación, la relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico,

incorporando el empleo como tercera variable para el largo y corto plazo, así como un cálculo de estimación de la causalidad a nivel general por el software Eviews 7:

Tabla 4-8: Resumen de la prueba de causalidad.

| Resultados Totales | | | |
|------------------------------|---|--|--|
| Variables (Dependiente) | Causalidad en el corto plazo | Causalidad en el largo plazo | Causalidad de Granger General |
| Crecimiento económico | Causalidad desde la electricidad hacia el crecimiento.** | Causalidad desde la electricidad y el empleo hacia el crecimiento.** | No existe relación de causalidad. |
| Consumo de energía eléctrica | No existe relación de causalidad. | No existe relación de causalidad. | No existe relación de causalidad. |
| Empleo | Causalidad desde el crecimiento y la electricidad hacia el empleo.* | Causalidad desde el crecimiento y la electricidad hacia el empleo.* | Causalidad desde el crecimiento y la electricidad hacia el empleo. |
| <i>Resumen</i> | | | |

Nota: (→, *) denota los resultados son obtenidos al 5 % significancia; (→, **) denota los resultados obtenidos al 10 % de significancia. Fuente: elaboración propia.

4.4 Implicaciones políticas

Esta sección analiza las implicaciones de las políticas conservacionistas enfocadas a la reducción de consumo de energía eléctrica y de cómo pueden afectar el crecimiento económico Chileno.

Por un lado, con el análisis estadístico se obtienen dos posibles resultados al 5 % y 10 % de significancia. Al 5 % de significancia no existe una relación de causalidad entre crecimiento económico y consumo de energía eléctrica, es decir, desde el punto de vista del crecimiento son dos variables independientes y no existe una relación de causalidad entre ellas. Por esta razón, el gobierno podría implantar políticas conservacionistas para el consumo de energía eléctrica sin afectar al crecimiento. No obstante, los resultados también indican la existencia de una relación de causalidad desde el crecimiento económico y el consumo de energía eléctrica hacia el empleo, esta relación se establece en el corto plazo y se mantiene en el largo plazo. La confiabilidad de estos resultados se verifica con la prueba de causalidad de Granger general analizada por Eviews.

En consecuencia, la implementación de políticas conservacionistas no afecta directamente al crecimiento pero afecta negativamente el empleo en el corto y largo plazo, causando un serio problema en las economías diseñadas con políticas de desarrollo. Estas políticas probablemente aumentarían la inequidad en la población dado que incrementarían el desempleo. Para solventar estas limitaciones, el gobierno tendría que implementar políticas simultáneas que promuevan la generación de empleo o amortigüen los efectos perjudiciales de las políticas conservacionistas en Chile.

Por otro lado, los resultados evaluados al 10 % de significancia establecen una relación de causalidad adicional, la cual se dirige desde el consumo de energía eléctrica hacia el crecimiento económico²⁶ en el corto y largo plazo. Esta relación indica que la implementación de políticas conservacionistas afectaría negativamente el crecimiento económico y el empleo en doble vía²⁷. Sin embargo, esta relación es menos confiable dada su nivel de significancia al 10 %.

Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con los resultados propuestos por otros trabajos desarrollados para el país de Chile, ver Tabla 2-1 en los cuales se afirma que existe

²⁶ De acuerdo a la hipótesis de crecimiento, planteada en la revisión literaria.

²⁷ Dado que el empleo disminuye directamente por influencia de las políticas conservacionistas, las cuales reducen el consumo de energía e indirectamente por el efecto que estas políticas tienen en la reducción del crecimiento.

una relación de causalidad del consumo de energía eléctrica hacia el crecimiento económico.²⁸ Ahora bien, este estudio presenta dos ventajas respecto a otros estudios realizados en Chile: en primer lugar, es el primer trabajo desarrollado en la literatura Chilena que introduce como tercera variable el empleo. Por este motivo, el enfoque permite evaluar la relación de causalidad no solo en un crecimiento económico per se, sino también involucra factores de desarrollo, evaluando el empleo. En segundo lugar, este trabajo abarca un periodo de estudio superior al de otros trabajos realizados en Chile, permitiendo evaluar un horizonte más amplio e involucrando condiciones en las series que tal vez por la limitación de datos no fueron contemplados.

Adicionalmente, se destaca la confiabilidad y robustez del modelo dado que los resultados presentados usando las series de tiempo totales o usando las series de tiempo per capita del consumo de energía eléctrica y crecimiento económico son similares en la dirección de la causalidad. En el anexo 2 se presentan los resultados estimados para las series de tiempo per capita.

²⁸ Es importante tener en cuenta que en este estudio la relación de causalidad desde el consumo eléctrico al crecimiento económico se obtuvo al 10 % de significancia.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El objetivo de esta investigación fue determinar la relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico en el país de Chile, incorporando el empleo como tercera variable, para el periodo de 1975 a 2011. Dados los resultados se identifican las siguientes conclusiones:

Los resultados confirman la existencia de una raíz unitaria y el orden de integración grado uno para cada una de las series de tiempo. Así mismo, la prueba de cointegración determina la existencia de una relación de largo plazo entre las variables, lo cual garantiza que existe una combinación lineal entre las variables que es estacionaria.

Se encontró una relación de causalidad desde el consumo de energía eléctrica hacia el crecimiento económico en el corto y largo plazo, es decir el consumo de energía eléctrica puede afectar el crecimiento económico, de acuerdo con la hipótesis de crecimiento planteada en la revisión literaria. Esta relación implica que las políticas conservacionistas no son recomendables en el país de Chile, dado que una disminución de consumo de energía eléctrica podría influir negativamente en el crecimiento económico. Estos resultados se obtienen al 10 % de significancia.

Se encontró una relación de causalidad desde el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico hacia el empleo en corto plazo que se mantiene en el largo plazo. De forma similar,

se confirma este resultado con la prueba de causalidad de Granger²⁹ al 5 % de significancia, de ahí la confiabilidad y robustez de este resultado. En consecuencia, la implementación de políticas conservacionistas no afecta directamente al crecimiento económico pero podría llegar a afectar negativamente al empleo en el corto y largo plazo. En este escenario, el estado debería implementar políticas simultáneas que promuevan la generación de empleo o amortigüen los efectos contractivos de las políticas conservacionistas en Chile.

Finalmente, de este estudio se concluye que las políticas conservacionistas enfocadas en la reducción del consumo energético podrían afectar negativamente al empleo y podrían llegar a afectar el crecimiento económico³⁰ en el corto y largo plazo. Por tal motivo, la recomendación para Chile sería no implementar políticas conservacionistas o simultáneamente a estas políticas generar medidas que permitan amortiguar los efectos nocivos que traen sobre el empleo y el crecimiento económico. Adicionalmente, las políticas enfocadas en el consumo controlado y eficiente de energía implementadas en Chile podrían no influir negativamente su crecimiento al contrario podrían contribuir al desarrollo del mismo.

El presente trabajo aporta un análisis adicional en la relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico para el país de Chile, ya que amplía los resultados de los estudios anteriores involucrando el empleo como tercera variable. Adicionalmente, este estudio evalúa un periodo de tiempo mayor comparado con estudios previos, lo cual permite involucrar datos adicionales que brindan mayor confiabilidad a los resultados.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda evaluar la metodología de causalidad trivariada, incluyendo otras posibles terceras variables, como las importaciones, la industria, los precios entre

²⁹ Prueba de exogeneidad de Wald, donde la hipótesis nula es la no existencia de causalidad entre as variables.

³⁰ Es importante tener en cuenta que en este estudio la relación de causalidad desde el consumo eléctrico al crecimiento económico se obtuvo al 10 % de significancia.

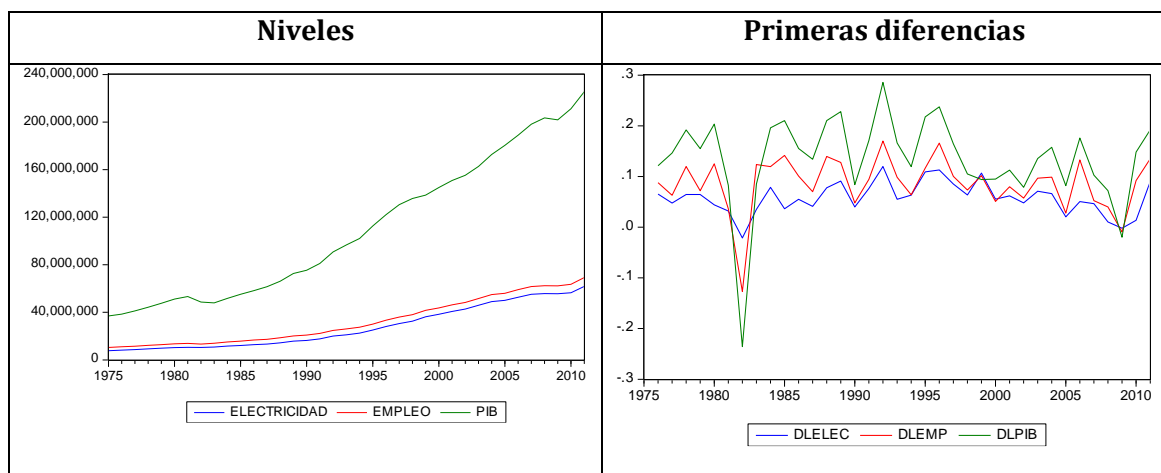
otras, que puedan aportar para la estimación del crecimiento económico y al estudio de la relación de causalidad entre las variables.

- Agregar un análisis de impulso respuesta, el cual evalúa la respuesta de las variables endógenas contemporáneas y futuras a una innovación en una de ellas, asumiendo que esta innovación desaparece en los periodos subsiguientes y que todas las otras innovaciones permanecen sin cambio (Arias y Torres, 2004).
- En general la metodología empleada es sensible a la inclusión de rezagos, por lo tanto es muy importante la adecuada selección del orden de los rezagos. Por lo tanto se recomienda seleccionar detenidamente el número de los rezagos y para esto apoyarse en los criterios de información estadística.
- Contemplar dentro del estudio los cambios estructurales que puedan presentarse en el comportamiento de las series.

A. Anexo: Presentación de resultados -Series Totales

En este anexo se presentan todas las estimaciones realizadas con los programas econométricos Rats 7.2 e Eviews 7.

➤ Gráficas descriptivas



➤ Pruebas de estacionariedad

| Variable | | Condición | Rezagos | Valor crítico | Valor test ADF | Estacionario |
|--------------|-----------|-----------|---------|---------------|----------------|--------------|
| Electricidad | elec | Tendencia | 2 | -3,5468 | -1,6083 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | 3,4083 | No |
| | lelec | Tendencia | 1 | -3,5426 | -1,8094 | No |
| | | Constante | 1 | -2,9472 | -0,1547 | No |
| dlelec | Tendencia | 0 | -3,5426 | -3,6750 | Si | |

| Variable | | Condición | Rezagos | Valor crítico | Valor test ADF | Estacionario |
|----------|-------|-----------|---------|---------------|----------------|--------------|
| pib | pib | Tendencia | 0 | -3,5386 | -1,3481 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | 2,9529 | No |
| | lpib | Tendencia | 0 | -3,5386 | -1,3554 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | -0,6946 | No |
| | dlpib | Tendencia | 0 | -3,5426 | -3,8425 | Si |
| Variable | | Condición | Rezagos | Valor crítico | Valor test ADF | Estacionario |
| Empleo | emp | Tendencia | 0 | -3,5386 | -1,8137 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | 1,0130 | No |
| | lemp | Tendencia | 0 | -3,5386 | -2,1156 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | -0,5466 | No |
| | dtemp | Tendencia | 0 | -3,5426 | -6,4331 | Si |

➤ **Análisis VAR**

- **Selección del número de rezagos**

VAR Lag Order Selection Criteria
 Endogenous variables: LELEC LEMP LPIB
 Exogenous variables: C
 Sample: 1975 2011
 Included observations: 34

| Lag | LogL | LR | FPE | AIC | SC | HQ |
|-----|----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 0 | 67.91227 | NA | 4.41e-06 | -3.818369 | -3.683690 | -3.772439 |
| 1 | 217.0808 | 263.2386 | 1.16e-09 | -12.06358 | -11.52486* | -11.87986 |
| 2 | 228.7381 | 18.51457* | 1.01e-09 | -12.21989 | -11.27714 | -11.89838* |
| 3 | 238.5316 | 13.82611 | 9.97e-10* | -12.26657* | -10.91978 | -11.80727 |

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

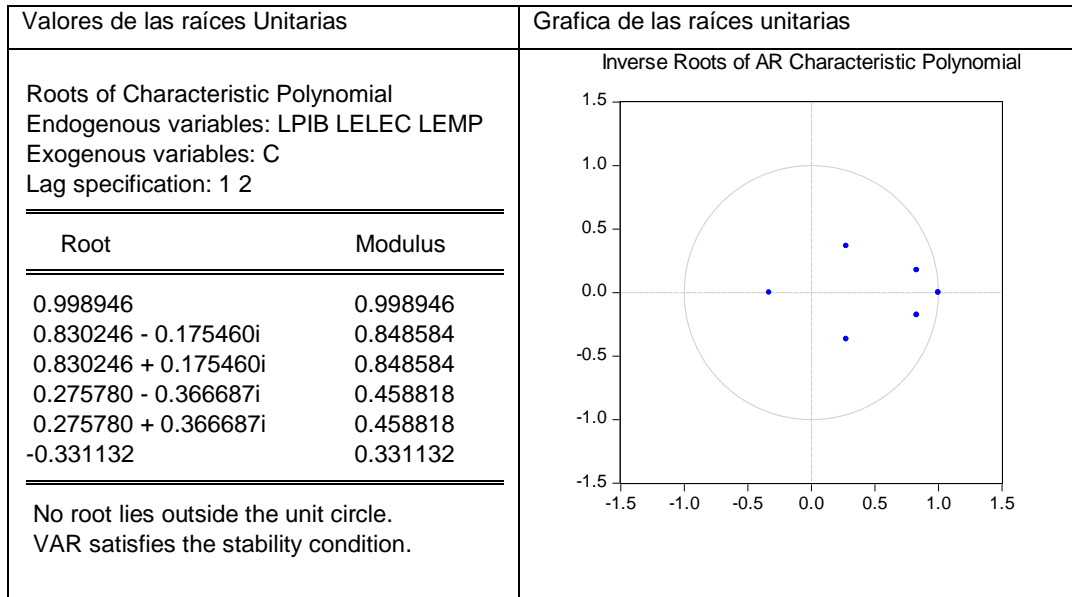
Se realizaron pruebas de estabilidad y de diagnóstico del VAR obteniendo resultados favorables para el VAR(2) como se presenta en los resultados de las pruebas:

- VAR en niveles

Vector Autoregression Estimates
 Sample (adjusted): 1977 2011
 Included observations: 35 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

| | LPIB | LELEC | LEMP |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| LPIB(-1) | 0.791445 (0.23684) [3.34163] | -0.145276 (0.19802) [-0.73363] | -0.127524 (0.24627) [-0.51783] |
| LPIB(-2) | -0.179072 (0.22266) [-0.80424] | 0.200528 (0.18617) [1.07715] | -0.241365 (0.23152) [-1.04253] |
| LELEC(-1) | 0.551703 (0.26964) [2.04611] | 1.293266 (0.22544) [5.73660] | 0.045842 (0.28036) [0.16351] |
| LELEC(-2) | -0.362553 (0.24506) [-1.47944] | -0.397268 (0.20490) [-1.93888] | 0.178008 (0.25481) [0.69859] |
| LEMP(-1) | 0.317123 (0.20148) [1.57396] | 0.186449 (0.16846) [1.10680] | 0.795154 (0.20950) [3.79552] |
| LEMP(-2) | -0.026621 (0.22166) [-0.12010] | -0.047248 (0.18533) [-0.25494] | 0.376675 (0.23048) [1.63430] |
| C | -0.649007 (0.82695) [-0.78482] | -1.327165 (0.69141) [-1.91951] | 0.263089 (0.85985) [0.30597] |
| R-squared | 0.996309 | 0.998305 | 0.985272 |
| Adj. R-squared | 0.995518 | 0.997942 | 0.982116 |
| Sum sq. resids | 0.036115 | 0.025246 | 0.039046 |
| S.E. equation | 0.035914 | 0.030028 | 0.037343 |
| F-statistic | 1259.531 | 2748.678 | 312.1849 |
| Log likelihood | 70.67410 | 76.93947 | 69.30840 |
| Akaike AIC | -3.638520 | -3.996541 | -3.560480 |
| Schwarz SC | -3.327450 | -3.685472 | -3.249410 |
| Mean dependent | 18.06734 | 16.97036 | 15.35926 |
| S.D. dependent | 0.536424 | 0.661893 | 0.279238 |
| Determinant resid covariance (dof adj.) | | 5.83E-10 | |
| Determinant resid covariance | | 2.98E-10 | |
| Log likelihood | | 234.8349 | |
| Akaike information criterion | | -12.21914 | |
| Schwarz criterion | | -11.28593 | |

- **Análisis de raíces unitarias**



Las raíces son menores a uno (1), se encuentran dentro del círculo unitario, en el VAR es estable.

- **Prueba de exclusión de retardos**

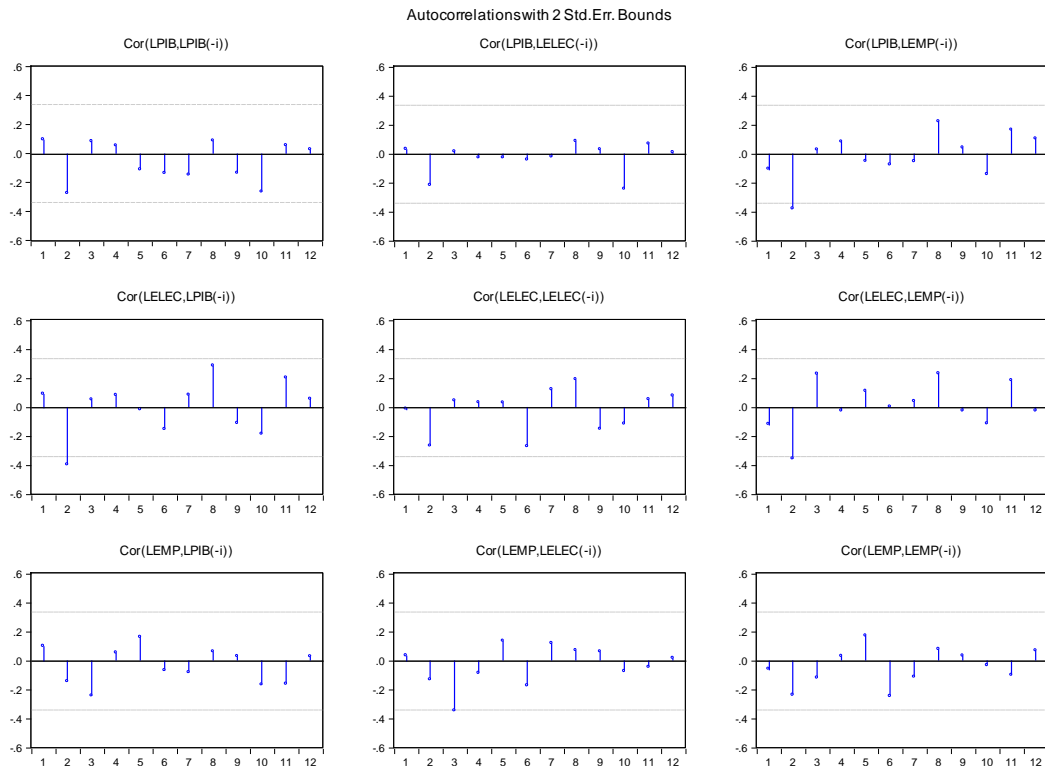
VAR Lag Exclusion Wald Tests
 Sample: 1975 2011
 Included observations: 35

Chi-squared test statistics for lag exclusion:
 Numbers in [] are p-values

| | LPIB | LELEC | LEMP | Joint |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Lag 1 | 58.29859 [1.36e-12] | 51.01849 [4.85e-11] | 17.22192 [0.000636] | 120.8643 [0.000000] |
| Lag 2 | 6.371329 [0.094877] | 3.775050 [0.286802] | 2.988168 [0.393453] | 22.31094 [0.007944] |
| df | 3 | 3 | 3 | 9 |

De acuerdo con la Hipótesis de WALD, los coeficientes Son significativamente diferentes de cero, por tal motivo los rezagos uno (1) y dos (2) contribuyen significativamente al VAR.

- **Correlogramas de los residuales**



Los gráficos no presentan autocorrelación significativa

- **Pruebas de autocorrelación de los residuales**

| Prueba de Pormanteau | | | | | | Prueba de LM | | |
|----------------------|----------|--------|------------|--------|-----|--------------|----------|--------|
| Lags | Q-Stat | Prob. | Adj Q-Stat | Prob. | df | Lags | LM-Stat | Prob |
| 1 | 2.729164 | NA* | 2.809434 | NA* | NA* | 1 | 12.09632 | 0.2079 |
| 2 | 11.11411 | NA* | 11.70256 | NA* | NA* | 2 | 11.58410 | 0.2378 |
| 3 | 24.02059 | 0.0043 | 25.81902 | 0.0022 | 9 | 3 | 15.66755 | 0.0742 |
| 4 | 26.56649 | 0.0875 | 28.69343 | 0.0523 | 18 | 4 | 2.993576 | 0.9645 |
| 5 | 31.60845 | 0.2469 | 34.57571 | 0.1499 | 27 | 5 | 4.974443 | 0.8365 |
| 6 | 43.82902 | 0.1735 | 49.32468 | 0.0686 | 36 | 6 | 14.04895 | 0.1206 |
| 7 | 49.31590 | 0.3047 | 56.18327 | 0.1226 | 45 | 7 | 6.546090 | 0.6843 |
| 8 | 54.89604 | 0.4404 | 63.41679 | 0.1784 | 54 | 8 | 5.215439 | 0.8151 |
| 9 | 60.65263 | 0.5605 | 71.16604 | 0.2245 | 63 | 9 | 7.355558 | 0.6002 |
| 10 | 64.59069 | 0.7204 | 76.67933 | 0.3310 | 72 | 10 | 4.586027 | 0.8688 |
| 11 | 71.70084 | 0.7604 | 87.04829 | 0.3029 | 81 | 11 | 8.228371 | 0.5113 |
| 12 | 73.86667 | 0.8911 | 90.34413 | 0.4700 | 90 | 12 | 2.235012 | 0.9872 |

Las pruebas indican que no existe autocorrelación en los residuales, por lo tanto son ruido blanco.

- **Prueba de normalidad y prueba de Heterocedasticidad**

| Prueba de normalidad | | | | prueba de Heterocedasticidad | | |
|----------------------|-------------|----|--------|------------------------------|----|--------|
| Component | Jarque-Bera | df | Prob. | Joint test: | | |
| 1 | 26.37273 | 2 | 0.0000 | Chi-sq | df | Prob. |
| 2 | 0.446594 | 2 | 0.7999 | 81.74319 | 72 | 0.2024 |
| 3 | 0.383083 | 2 | 0.8257 | | | |
| Joint | 27.20241 | 6 | 0.0001 | | | |

La prueba de normalidad de los residuales es rechazada, no siguen una distribución normal. Por otro lado la prueba de heterocedasticidad confirma que los residuales son homocedasticos.

➤ **Prueba de Cointegración de Johansen**

- Especificación optima de la ecuación de cointegración

Included observations: 35

Series: LPIB LELEC LEMP

Exogenous series: D82

Warning: Rank Test critical values derived assuming no exogenous series

Lags interval: 1 to 1

Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model

| Data Trend: | None | None | Linear | Linear | Quadratic |
|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Test Type | No Intercept No Trend | Intercept No Trend | Intercept No Trend | Intercept Trend | Intercept Trend |
| Trace | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Max-Eig | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 |

*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)

Information Criteria by Rank and Model

| Data Trend: | None | None | Linear | Linear | Quadratic |
|---|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Rank or No. of CEs | No Intercept No Trend | Intercept No Trend | Intercept No Trend | Intercept Trend | Intercept Trend |
| Log Likelihood by Rank (rows) and Model (columns) | | | | | |
| 0 | 225.6457 | 225.6457 | 239.2997 | 239.2997 | 241.8608 |
| 1 | 241.5136 | 241.5351 | 246.9968 | 263.2576 | 264.3980 |
| 2 | 247.2091 | 249.1207 | 250.2965 | 267.9239 | 269.0601 |
| 3 | 247.6672 | 250.6604 | 250.6604 | 270.6622 | 270.6622 |

| Akaike Information Criteria by Rank (rows) and Model (columns) | | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| 0 | -12.37975 | -12.37975 | -12.98855 | -12.98855 | -12.96347 |
| 1 | -12.94363 | -12.88772 | -13.08553 | -13.95758* | -13.90846 |
| 2 | -12.92623 | -12.92118 | -12.93123 | -13.82423 | -13.83200 |
| 3 | -12.60955 | -12.60917 | -12.60917 | -13.58070 | -13.58070 |

| Schwarz Criteria by Rank (rows) and Model (columns) | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| 0 | -11.97981 | -11.97981 | -12.45529 | -12.45529 | -12.29690 |
| 1 | -12.27706 | -12.17671 | -12.28564 | -13.11325* | -12.97525 |
| 2 | -11.99302 | -11.89910 | -11.86471 | -12.66882 | -12.63216 |
| 3 | -11.40971 | -11.27601 | -11.27601 | -12.11423 | -12.11423 |

- Cointegracion de Johansen

Sample (adjusted): 1977 2011
 Included observations: 35 after adjustments
 Trend assumption: Linear deterministic trend (restricted)
 Series: LPIB LELEC LEMP
 Exogenous series: D82
 Warning: Critical values assume no exogenous series
 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 * | 0.745645 | 62.72501 | 42.91525 | 0.0002 |
| At most 1 | 0.234058 | 14.80919 | 25.87211 | 0.5904 |
| At most 2 | 0.144844 | 5.476484 | 12.51798 | 0.5295 |

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

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

| Hypothesized No. of CE(s) | Eigenvalue | Max-Eigen Statistic | 0.05 Critical Value | Prob.** |
|------------------------------|------------|------------------------|------------------------|---------|
| None * | 0.745645 | 47.91582 | 25.82321 | 0.0000 |
| At most 1 | 0.234058 | 9.332703 | 19.38704 | 0.6898 |
| At most 2 | 0.144844 | 5.476484 | 12.51798 | 0.5295 |

Max-eigenvalue test indicates 1 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):

| LPIB | LELEC | LEMP | @TREND(76) |
|-----------|-----------|-----------|------------|
| 3.322412 | -14.36838 | -30.00872 | 1.537002 |
| -24.34351 | 24.58069 | 15.34058 | -0.711038 |
| 16.69397 | -9.891025 | -26.88524 | 0.551766 |

Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

| | | | |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| D(LPIB) | 0.007891 | -0.000381 | -0.009051 |
| D(LELEC) | -0.002647 | -0.011346 | -0.004569 |
| D(LEMP) | 0.022438 | -0.002717 | -0.000120 |

1 Cointegrating Equation(s): Log likelihood 263.2576

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

| | | | |
|----------|-----------|-----------|------------|
| LPIB | LELEC | LEMP | @TREND(76) |
| 1.000000 | -4.324683 | -9.032210 | 0.462616 |
| | (0.51675) | (0.98237) | (0.05296) |

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

| | |
|----------|-----------|
| D(LPIB) | 0.026217 |
| | (0.01495) |
| D(LELEC) | -0.008795 |
| | (0.01628) |
| D(LEMP) | 0.074547 |
| | (0.00880) |

➤ **Modelo de Corrección del error**

Sample (adjusted): 1977 2011

Included observations: 35 after adjustments

Standard errors in () & t-statistics in []

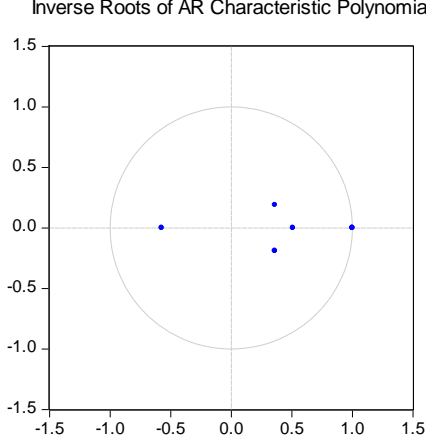
| Cointegrating Eq: | CointEq1 |
|-------------------|--------------------------------------|
| LPIB(-1) | 1.000000 |
| LELEC(-1) | -4.324683 (0.51675) [-8.36904] |
| LEMP(-1) | -9.032210 (0.98237) [-9.19431] |
| @TREND(75) | 0.462616 (0.05296) [8.73446] |
| C | 184.8088 |

| Error Correction: | D(LPIB) | D(LELEC) | D(LEMP) |
|-------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| CointEq1 | 0.026217 (0.01495) [1.75332] | -0.008795 (0.01628) [-0.54011] | 0.074547 (0.00880) [8.47282] |
| D(LPIB(-1)) | 0.269961 (0.16029) [1.68418] | -0.049363 (0.17455) [-0.28279] | 0.413441 (0.09432) [4.38348] |
| D(LELEC(-1)) | 0.428067 | 0.268315 | 0.310477 |

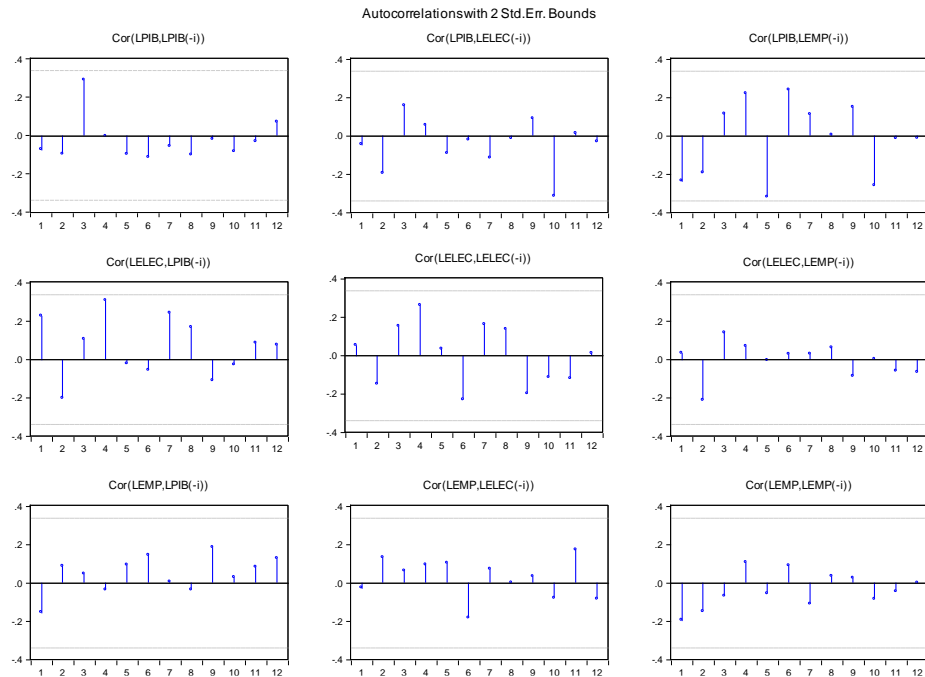
| | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | (0.22935) [1.86644] | (0.24976) [1.07431] | (0.13495) [2.30064] |
| D(LEMP(-1)) | 0.197406 (0.14208) [1.38936] | 0.019382 (0.15473) [0.12526] | -0.270936 (0.08360) [-3.24070] |
| C | 0.011020 (0.01379) [0.79890] | 0.046206 (0.01502) [3.07614] | 0.001812 (0.00812) [0.22323] |
| D82 | -0.148927 (0.02773) [-5.37057] | -0.073239 (0.03020) [-2.42534] | -0.140726 (0.01632) [-8.62465] |
| R-squared | 0.650410 | 0.297346 | 0.851578 |
| Adj. R-squared | 0.590136 | 0.176199 | 0.825988 |
| Sum sq. resids | 0.020559 | 0.024380 | 0.007118 |
| S.E. equation | 0.026626 | 0.028995 | 0.015667 |
| F-statistic | 10.79087 | 2.454417 | 33.27774 |
| Log likelihood | 80.53374 | 77.55038 | 99.09522 |
| Akaike AIC | -4.259071 | -4.088593 | -5.319727 |
| Schwarz SC | -3.992440 | -3.821962 | -5.053096 |
| Mean dependent | 0.049747 | 0.057449 | 0.028226 |
| S.D. dependent | 0.041589 | 0.031945 | 0.037557 |
| Determinant resid covariance (dof adj.) | | 1.03E-10 | |
| Determinant resid covariance | | 5.88E-11 | |
| Log likelihood | | 263.2576 | |
| Akaike information criterion | | -13.78615 | |
| Schwarz criterion | | -12.80850 | |

➤ **Pruebas de verificación del Modelo de Corrección del error**

- **Análisis de raíces unitarias**

| Valores de la raíces Unitarias | Grafica de las raíces unitarias | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------------------|----------|----------------------|----------|--|
| Roots of Characteristic Polynomial Endogenous variables: LPIB LELEC LEMP Exogenous variables: D82 Lag specification: 1 1 | Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial  | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Root</th> <th>Modulus</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.000000</td> <td>1.000000</td> </tr> <tr> <td>1.000000</td> <td>1.000000</td> </tr> <tr> <td>-0.573268</td> <td>0.573268</td> </tr> <tr> <td>0.509408</td> <td>0.509408</td> </tr> <tr> <td>0.361063 - 0.188698i</td> <td>0.407399</td> </tr> <tr> <td>0.361063 + 0.188698i</td> <td>0.407399</td> </tr> </tbody> </table> | Root | Modulus | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | -0.573268 | 0.573268 | 0.509408 | 0.509408 | 0.361063 - 0.188698i | 0.407399 | 0.361063 + 0.188698i | 0.407399 | |
| Root | Modulus | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.000000 | 1.000000 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.000000 | 1.000000 | | | | | | | | | | | | | | |
| -0.573268 | 0.573268 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.509408 | 0.509408 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.361063 - 0.188698i | 0.407399 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.361063 + 0.188698i | 0.407399 | | | | | | | | | | | | | | |
| VEC specification imposes 2 unit root(s). | | | | | | | | | | | | | | | |

- Correlograma de los residuales



Los gráficos no presentan autocorrelación significativa

- Pruebas de autocorrelación de los residuales

| Prueba de Pormanteau | | | | | | Prueba de LM | | |
|----------------------|----------|--------|------------|--------|-----|--------------|----------|--------|
| Lags | Q-Stat | Prob. | Adj Q-Stat | Prob. | df | Lags | LM-Stat | Prob |
| 1 | 8.553384 | NA* | 8.804955 | NA* | NA* | 1 | 14.27976 | 0.1127 |
| 2 | 14.56239 | 0.5569 | 15.17814 | 0.5116 | 16 | 2 | 6.814138 | 0.6565 |
| 3 | 18.98451 | 0.7979 | 20.01484 | 0.7460 | 25 | 3 | 5.763270 | 0.7634 |
| 4 | 27.30840 | 0.7851 | 29.41277 | 0.6920 | 34 | 4 | 8.981453 | 0.4390 |
| 5 | 32.69062 | 0.8733 | 35.69203 | 0.7778 | 43 | 5 | 7.535356 | 0.5816 |
| 6 | 41.78225 | 0.8437 | 46.66469 | 0.6830 | 52 | 6 | 12.91967 | 0.1663 |
| 7 | 48.36070 | 0.8796 | 54.88775 | 0.6957 | 61 | 7 | 7.668530 | 0.5679 |
| 8 | 51.14446 | 0.9561 | 58.49634 | 0.8350 | 70 | 8 | 3.357239 | 0.9484 |
| 9 | 57.00275 | 0.9707 | 66.38249 | 0.8435 | 79 | 9 | 9.166473 | 0.4221 |
| 10 | 62.76867 | 0.9808 | 74.45478 | 0.8480 | 88 | 10 | 11.91221 | 0.2183 |
| 11 | 66.98490 | 0.9913 | 80.60345 | 0.8854 | 97 | 11 | 5.715802 | 0.7680 |
| 12 | 68.97976 | 0.9980 | 83.63910 | 0.9466 | 106 | 12 | 2.611132 | 0.9777 |

Las pruebas indican que no existe autocorrelación en los residuales, por lo tanto son ruido blanco.

- **Prueba de normalidad y prueba de Heterocedasticidad**

| Prueba de normalidad | | | | prueba de Heterocedasticidad | | |
|----------------------|-------------|----|--------|------------------------------|----|--------|
| Component | Jarque-Bera | df | Prob. | Joint test: | | |
| 1 | 0.584568 | 2 | 0.7466 | Chi-sq | df | Prob. |
| 2 | 1.415518 | 2 | 0.4927 | | | |
| 3 | 0.058510 | 2 | 0.9712 | | | |
| Joint | 2.058596 | 6 | 0.9142 | 41.27337 | 54 | 0.8982 |

Los residuales siguen una distribución normal y son homocedásticos

- **Prueba de Causalidad de Granger**

Sample: 1975 2011

Included observations: 35

Dependent variable: D(LPIB)

| Excluded | Chi-sq | df | Prob. |
|----------|----------|----|--------|
| D(LELEC) | 3.483580 | 1 | 0.0620 |
| D(LEMP) | 1.930310 | 1 | 0.1647 |
| All | 5.067976 | 2 | 0.0793 |

Dependent variable: D(LELEC)

| Excluded | Chi-sq | df | Prob. |
|----------|----------|----|--------|
| D(LPIB) | 0.079973 | 1 | 0.7773 |
| D(LEMP) | 0.015691 | 1 | 0.9003 |
| All | 0.080004 | 2 | 0.9608 |

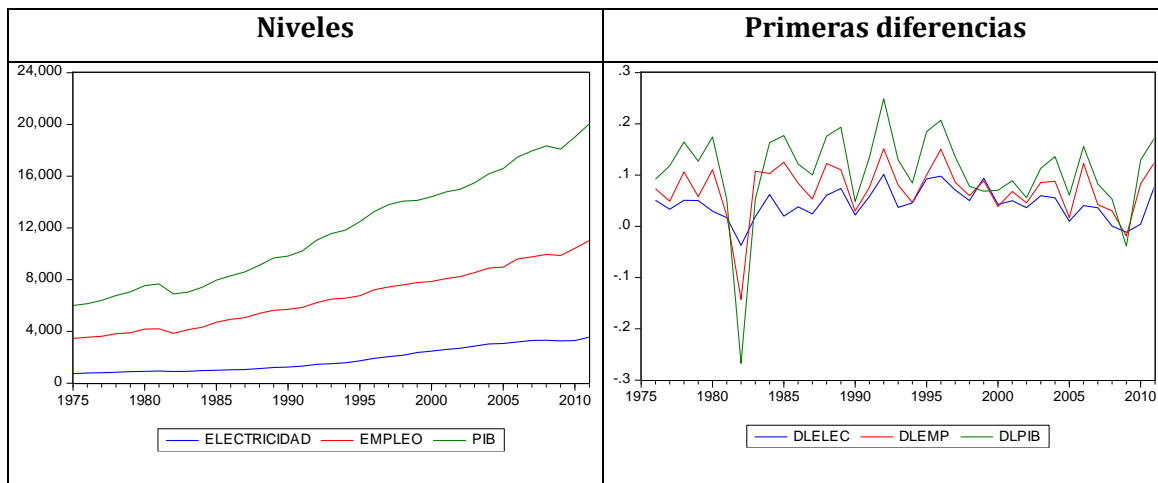
Dependent variable: D(LEMP)

| Excluded | Chi-sq | df | Prob. |
|----------|----------|----|--------|
| D(LPIB) | 19.21492 | 1 | 0.0000 |
| D(LELEC) | 5.292967 | 1 | 0.0214 |
| All | 33.16590 | 2 | 0.0000 |

B. Anexo: Presentación de resultados – Series Per Capita

En este anexo se presentan todas las estimaciones realizadas con los programas econométricos Rats 7.2 e Eviews 7.

➤ Gráficas descriptivas



➤ Pruebas de estacionariedad

| Variable | | Condición | Rezagos | Valor crítico | Valor test ADF | Estacionario |
|----------|-----------|-----------|---------|---------------|----------------|--------------|
| Empleo | emp | Tendencia | 0 | -3,5386 | -1,8137 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | 1,0130 | No |
| | lemp | Tendencia | 0 | -3,5386 | -2,1156 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | -0,5466 | No |
| dlemp | Tendencia | 0 | -3,5426 | -6,4331 | Si | |

| Variable | | Condición | Rezagos | Valor crítico | Valor test ADF | Estacionario |
|--------------|--------|-----------|---------|---------------|----------------|--------------|
| Electricidad | elec | Tendencia | 0 | -3,5386 | -1,7692 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | 2,2568 | No |
| | lelec | Tendencia | 0 | -3,5386 | -1,2233 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | -0,0170 | No |
| | dlelec | Tendencia | 0 | -3,5426 | -3,8132 | Si |
| Variable | | Condición | Rezagos | Valor crítico | Valor test ADF | Estacionario |
| pib | pib | Tendencia | 0 | -3,5386 | -1,6425 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | 1,4260 | No |
| | lpib | Tendencia | 0 | -3,5386 | -1,6176 | No |
| | | Constante | 0 | -2,9446 | -0,4962 | No |
| | dlpib | Tendencia | 0 | -3,5426 | -3,9010 | Si |

➤ **Análisis VAR**

- **Selección del número de rezagos**

VAR Lag Order Selection Criteria
 Endogenous variables: LELEC LEMP LPIB
 Exogenous variables: C
 Sample: 1975 2011
 Included observations: 34

| Lag | LogL | LR | FPE | AIC | SC | HQ |
|-----|----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 0 | 71.84765 | NA | 3.50e-06 | -4.049862 | -3.915183 | -4.003932 |
| 1 | 216.5459 | 255.3498 | 1.20e-09 | -12.03211 | -11.49339* | -11.84839 |
| 2 | 228.9391 | 19.68343* | 9.96e-10 | -12.23171 | -11.28896 | -11.91021* |
| 3 | 238.6954 | 13.77355 | 9.87e-10* | -12.27620* | -10.92941 | -11.81691 |

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Se realizaron pruebas de estabilidad y de diagnóstico del VAR obteniendo resultados favorables para el VAR (2) como se presenta en los resultados de las pruebas:

- VAR en niveles

Vector Autoregression Estimates

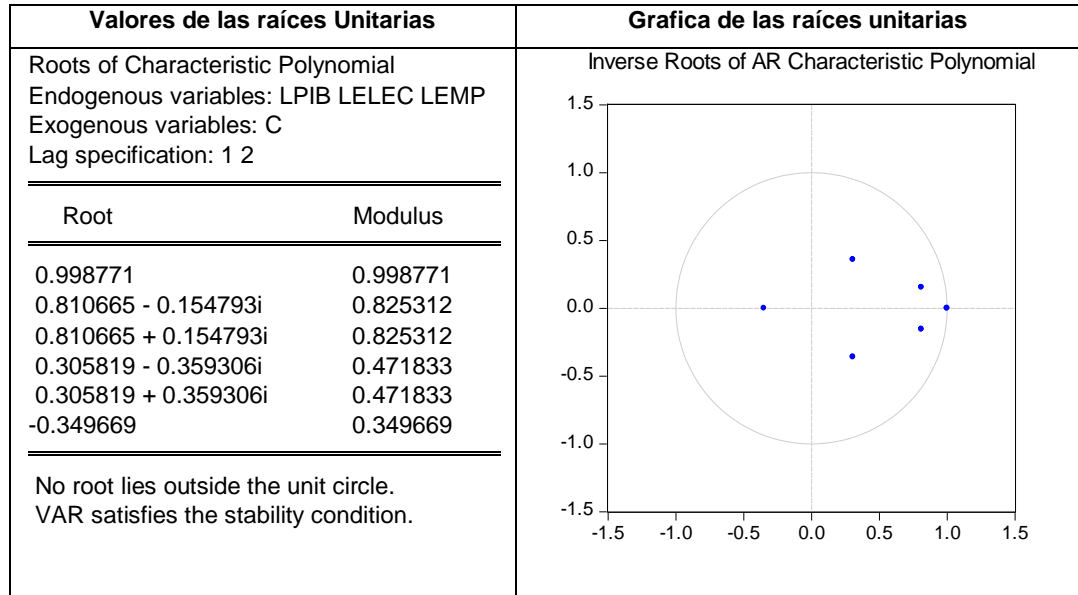
Sample (adjusted): 1977 2011

Included observations: 35 after adjustments

Standard errors in () & t-statistics in []

| | LPIB | LELEC | LEMP |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| LPIB(-1) | 0.835406 (0.22601) [3.69626] | -0.146052 (0.18893) [-0.77305] | -0.126177 (0.23124) [-0.54567] |
| LPIB(-2) | -0.214981 (0.22209) [-0.96797] | 0.181432 (0.18565) [0.97727] | -0.272456 (0.22723) [-1.19906] |
| LELEC(-1) | 0.506712 (0.26667) [1.90011] | 1.282398 (0.22292) [5.75278] | 0.017263 (0.27284) [0.06327] |
| LELEC(-2) | -0.341568 (0.24733) [-1.38102] | -0.375300 (0.20675) [-1.81527] | 0.194834 (0.25304) [0.76996] |
| LEMP(-1) | 0.266723 (0.19867) [1.34257] | 0.169285 (0.16607) [1.01937] | 0.764266 (0.20326) [3.76011] |
| LEMP(-2) | -0.049149 (0.21612) [-0.22741] | -0.043453 (0.18066) [-0.24052] | 0.389292 (0.22111) [1.76060] |
| C | 0.182586 (0.40691) [0.44872] | -0.641633 (0.34014) [-1.88638] | 0.562290 (0.41631) [1.35066] |
| R-squared | 0.992970 | 0.997200 | 0.985902 |
| Adj. R-squared | 0.991463 | 0.996601 | 0.982881 |
| Sum sq. resids | 0.035706 | 0.024950 | 0.037375 |
| S.E. equation | 0.035710 | 0.029851 | 0.036535 |
| F-statistic | 659.1345 | 1662.278 | 326.3568 |
| Log likelihood | 70.87355 | 77.14645 | 70.07413 |
| Akaike AIC | -3.649917 | -4.008369 | -3.604236 |
| Schwarz SC | -3.338848 | -3.697299 | -3.293166 |
| Mean dependent | 8.525727 | 7.428746 | 8.451509 |
| S.D. dependent | 0.386496 | 0.511976 | 0.279238 |
| Determinant resid covariance (dof adj.) | | 5.81E-10 | |
| Determinant resid covariance | | 2.97E-10 | |
| Log likelihood | | 234.9009 | |
| Akaike information criterion | | -12.22291 | |
| Schwarz criterion | | -11.28970 | |

- Análisis de raíces unitarias



Las raíces son menores a 1, se encuentran dentro del círculo unitario, en el VAR es estable.

- Prueba de exclusión de retardos

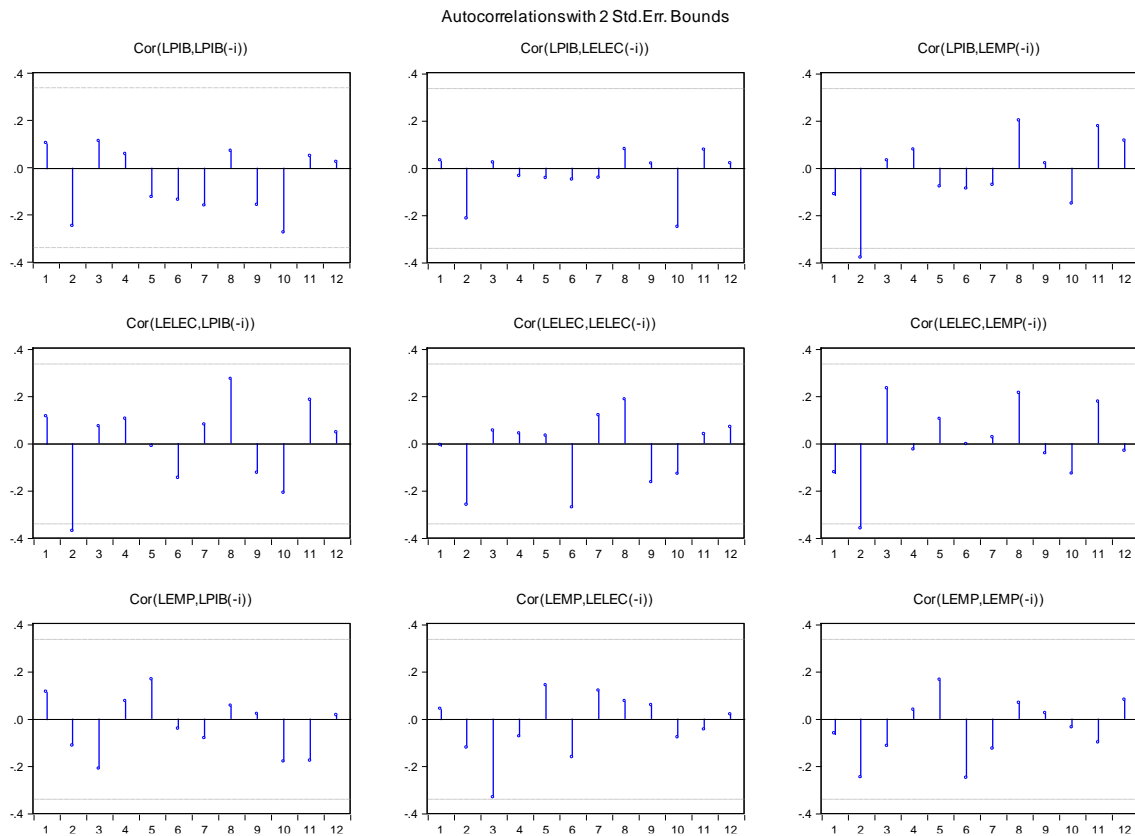
VAR Lag Exclusion Wald Tests
 Sample: 1975 2011
 Included observations: 35

Chi-squared test statistics for lag exclusion:
 Numbers in [] are p-values

| | LPIB | LELEC | LEMP | Joint |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Lag 1 | 55.69680 [4.88e-12] | 48.40133 [1.75e-10] | 15.98724 [0.001141] | 120.6572 [0.000000] |
| Lag 2 | 7.198243 [0.065840] | 3.307075 [0.346659] | 3.503425 [0.320318] | 24.11851 [0.004118] |
| df | 3 | 3 | 3 | 9 |

De acuerdo con la Hipótesis de WALD, los coeficientes Son significativamente diferentes de cero, por tal motivo los (2) dos rezagos contribuyen significativamente al VAR

- Correlogramas de los residuales



Los gráficos no presentan autocorrelación significativa

- Pruebas de autocorrelación de los residuales

| Prueba de Pormanteau | | | | | | Prueba de LM | | |
|----------------------|----------|--------|------------|--------|-----|--------------|----------|--------|
| Lags | Q-Stat | Prob. | Adj Q-Stat | Prob. | df | Lags | LM-Stat | Prob |
| 1 | 3.229390 | NA* | 3.324372 | NA* | NA* | 1 | 12.20081 | 0.2022 |
| 2 | 11.49102 | NA* | 12.08670 | NA* | NA* | 2 | 11.54218 | 0.2404 |
| 3 | 23.48762 | 0.0052 | 25.20799 | 0.0027 | 9 | 3 | 15.18880 | 0.0859 |
| 4 | 26.25396 | 0.0941 | 28.33128 | 0.0572 | 18 | 4 | 3.236077 | 0.9542 |
| 5 | 31.63603 | 0.2458 | 34.61036 | 0.1490 | 27 | 5 | 5.332612 | 0.8044 |
| 6 | 43.51935 | 0.1818 | 48.95229 | 0.0734 | 36 | 6 | 13.54712 | 0.1394 |
| 7 | 49.23711 | 0.3074 | 56.09949 | 0.1241 | 45 | 7 | 6.809243 | 0.6570 |
| 8 | 54.34547 | 0.4612 | 62.72145 | 0.1945 | 54 | 8 | 4.795233 | 0.8518 |
| 9 | 60.14222 | 0.5788 | 70.52476 | 0.2406 | 63 | 9 | 7.443025 | 0.5911 |
| 10 | 64.39612 | 0.7262 | 76.48023 | 0.3368 | 72 | 10 | 4.941225 | 0.8394 |
| 11 | 71.67968 | 0.7610 | 87.10208 | 0.3015 | 81 | 11 | 8.632436 | 0.4719 |
| 12 | 73.91484 | 0.8903 | 90.50341 | 0.4653 | 90 | 12 | 2.211506 | 0.9877 |

Las pruebas indican que no existe autocorrelación en los residuales, por lo tanto son ruido blanco

- **Prueba de normalidad y prueba de Heterocedasticidad**

| Prueba de normalidad | | | | prueba de Heterocedasticidad | | |
|----------------------|-------------|----|--------|------------------------------|----|--------|
| Component | Jarque-Bera | df | Prob. | Joint test: | | |
| 1 | 22.93137 | 2 | 0.0000 | | | |
| 2 | 0.572271 | 2 | 0.7512 | Chi-sq | df | Prob. |
| 3 | 0.422039 | 2 | 0.8098 | 80.21229 | 72 | 0.2373 |
| Joint | 23.92568 | 6 | 0.0005 | | | |

La prueba de normalidad de los residuales es rechazada, no siguen una distribución normal. Por otro lado la prueba de heterocedasticidad confirma que los residuales son homocedasticos.

➤ **Prueba de Cointegración de Johansen**

- Especificación optima de la ecuación de cointegración

Included observations: 35

Series: LPIB LELEC LEMP

Exogenous series: D82

Warning: Rank Test critical values derived assuming no exogenous series

Lags interval: 1 to 1

Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model

| Data Trend: | None | None | Linear | Linear | Quadratic |
|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Test Type | No Intercept No Trend | Intercept No Trend | Intercept No Trend | Intercept Trend | Intercept Trend |
| Trace | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Max-Eig | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)

Information Criteria by Rank and Model

| Data Trend: | None | None | Linear | Linear | Quadratic |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Rank or No. of CEs | No Intercept No Trend | Intercept No Trend | Intercept No Trend | Intercept Trend | Intercept Trend |

Log Likelihood by Rank (rows) and Model (columns)

| | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 224.8493 | 224.8493 | 240.3020 | 240.3020 | 242.4148 |
| 1 | 242.0758 | 242.1948 | 248.0377 | 264.4159 | 265.1682 |
| 2 | 244.5286 | 249.5392 | 250.4862 | 268.8490 | 269.5685 |
| 3 | 244.6947 | 250.6343 | 250.6343 | 270.7332 | 270.7332 |

Akaike Information Criteria by Rank (rows) and Model (columns)

| | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| 0 | -12.33424 | -12.33424 | -13.04583 | -13.04583 | -12.99513 |
| 1 | -12.97576 | -12.92542 | -13.14501 | -14.02376* | -13.95247 |
| 2 | -12.77306 | -12.94510 | -12.94207 | -13.87709 | -13.86106 |
| 3 | -12.43970 | -12.60768 | -12.60768 | -13.58475 | -13.58475 |

Schwarz Criteria by Rank (rows) and Model (columns)

| | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| 0 | -11.93430 | -11.93430 | -12.51257 | -12.51257 | -12.32855 |
| 1 | -12.30918 | -12.21440 | -12.34512 | -13.17943* | -13.01926 |
| 2 | -11.83985 | -11.92301 | -11.87555 | -12.72169 | -12.66122 |
| 3 | -11.23986 | -11.27452 | -11.27452 | -12.11828 | -12.11828 |

- Cointegración de Johansen

Sample (adjusted): 1977 2011

Included observations: 35 after adjustments

Trend assumption: Linear deterministic trend (restricted)

Series: LPIB LELEC LEMP

Exogenous series: D82

Warning: Critical values assume no exogenous series

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 * | 0.747902 | 60.86237 | 42.91525 | 0.0003 |
| At most 1 | 0.223782 | 12.63456 | 25.87211 | 0.7662 |
| At most 2 | 0.102072 | 3.768300 | 12.51798 | 0.7753 |

Trace test indicates 1 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 * | 0.747902 | 48.22781 | 25.82321 | 0.0000 |
| At most 1 | 0.223782 | 8.866259 | 19.38704 | 0.7381 |
| At most 2 | 0.102072 | 3.768300 | 12.51798 | 0.7753 |

Max-eigenvalue test indicates 1 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):

| LPIB | LELEC | LEMP | @TREND(76) |
|-----------|-----------|-----------|------------|
| 4.018038 | -16.11192 | -31.75804 | 1.472590 |
| -24.68953 | 25.00205 | 16.48673 | -0.760212 |
| 14.68663 | -7.224055 | -23.92623 | 0.511197 |

Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

| D(LPIB) | D(LELEC) | D(LEMP) | D(@TREND(76)) |
|-----------|-----------|-----------|---------------|
| 0.007286 | -0.002258 | 0.001257 | -0.007443 |
| -0.002258 | -0.002258 | -0.010274 | -0.004497 |

| | | | |
|---|------------------------|------------------------|-----------------------|
| D(LEMP) | 0.022590 | -0.001987 | -0.000314 |
| <hr/> | | | |
| 1 Cointegrating Equation(s): | Log likelihood | 264.4159 | |
| <hr/> | | | |
| Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses) | | | |
| LPIB | LELEC | LEMP | @TREND(76) |
| 1.000000 | -4.009896 (0.45479) | -7.903867 (0.82858) | 0.366495 (0.04045) |
| Adjustment coefficients (standard error in parentheses) | | | |
| D(LPIB) | 0.029277 (0.01778) | | |
| D(LELEC) | -0.009072 (0.01933) | | |
| D(LEMP) | 0.090768 (0.01030) | | |

➤ **Modelo de Corrección del error**

Vector Error Correction Estimates
Sample (adjusted): 1977 2011
Included observations: 35 after adjustments
Standard errors in () & t-statistics in []

| Cointegrating Eq: | CointEq1 | | |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| LPIB(-1) | 1.000000 | | |
| LELEC(-1) | -4.009896 (0.45479) [-8.81697] | | |
| LEMP(-1) | -7.903867 (0.82858) [-9.53906] | | |
| @TREND(75) | 0.366495 (0.04045) [9.06060] | | |
| C | 80.73759 | | |
| <hr/> | | | |
| Error Correction: | D(LPIB) | D(LELEC) | D(LEMP) |
| CointEq1 | 0.029277 (0.01778) [1.64676] | -0.009072 (0.01933) [-0.46924] | 0.090768 (0.01030) [8.81101] |
| D(LPIB(-1)) | 0.261608 (0.15890) [1.64637] | -0.058664 (0.17281) [-0.33948] | 0.430353 (0.09207) [4.67396] |
| D(LELEC(-1)) | 0.374169 | 0.246226 | 0.282255 |

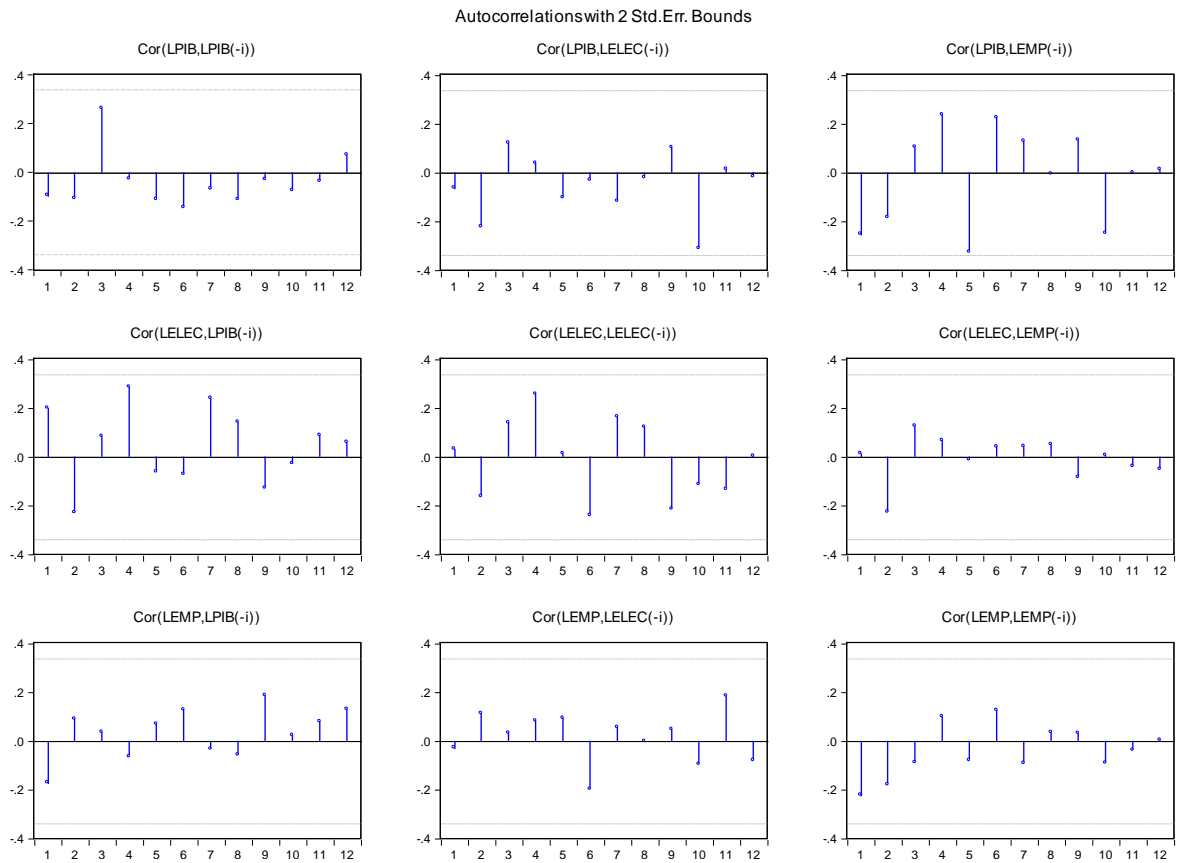
| | | | |
|---|------------|------------|------------|
| | (0.22638) | (0.24619) | (0.13118) |
| | [1.65283] | [1.00013] | [2.15171] |
| D(LEMP(-1)) | 0.209069 | 0.022988 | -0.247024 |
| | (0.13961) | (0.15183) | (0.08090) |
| | [1.49747] | [0.15140] | [-3.05344] |
| C | 0.009196 | 0.036483 | 0.012021 |
| | (0.01093) | (0.01189) | (0.00633) |
| | [0.84121] | [3.06856] | [1.89758] |
| D82 | -0.150760 | -0.075434 | -0.139470 |
| | (0.02731) | (0.02970) | (0.01583) |
| | [-5.51971] | [-2.53956] | [-8.81233] |
| R-squared | 0.651605 | 0.287833 | 0.860881 |
| Adj. R-squared | 0.591537 | 0.165045 | 0.836895 |
| Sum sq. resids | 0.019871 | 0.023501 | 0.006672 |
| S.E. equation | 0.026176 | 0.028467 | 0.015168 |
| F-statistic | 10.84776 | 2.344152 | 35.89087 |
| Log likelihood | 81.12950 | 78.19289 | 100.2280 |
| Akaike AIC | -4.293114 | -4.125308 | -5.384456 |
| Schwarz SC | -4.026483 | -3.858677 | -5.117825 |
| Mean dependent | 0.035684 | 0.043386 | 0.028226 |
| S.D. dependent | 0.040957 | 0.031154 | 0.037557 |
| Determinant resid covariance (dof adj.) | | 9.67E-11 | |
| Determinant resid covariance | | 5.50E-11 | |
| Log likelihood | | 264.4159 | |
| Akaike information criterion | | -13.85234 | |
| Schwarz criterion | | -12.87469 | |

➤ ***Pruebas de verificación del Modelo de Corrección del error***

- **Análisis de raíces unitarias**

| Valores de la raíces Unitarias | Grafica de las raíces unitarias | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------------------|----------|----------------------|----------|----------|----------|--|
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Root</th> <th>Modulus</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.000000</td> <td>1.000000</td> </tr> <tr> <td>1.000000</td> <td>1.000000</td> </tr> <tr> <td>-0.574917</td> <td>0.574917</td> </tr> <tr> <td>0.383802 - 0.201150i</td> <td>0.433319</td> </tr> <tr> <td>0.383802 + 0.201150i</td> <td>0.433319</td> </tr> <tr> <td>0.416359</td> <td>0.416359</td> </tr> </tbody> </table> <p>VEC specification imposes 2 unit root(s).</p> | Root | Modulus | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | -0.574917 | 0.574917 | 0.383802 - 0.201150i | 0.433319 | 0.383802 + 0.201150i | 0.433319 | 0.416359 | 0.416359 | <p>Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial</p> |
| Root | Modulus | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.000000 | 1.000000 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.000000 | 1.000000 | | | | | | | | | | | | | | |
| -0.574917 | 0.574917 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.383802 - 0.201150i | 0.433319 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.383802 + 0.201150i | 0.433319 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.416359 | 0.416359 | | | | | | | | | | | | | | |

- **Correlograma de los residuales**



Los gráficos no presentan autocorrelación significativa

- **Pruebas de autocorrelación de los residuales**

| Prueba de Pormanteau | | | | | | Prueba de LM | | |
|----------------------|----------|--------|------------|--------|-----|--------------|----------|--------|
| Lags | Q-Stat | Prob. | Adj Q-Stat | Prob. | df | Lags | LM-Stat | Prob |
| 1 | 7.933074 | NA* | 8.166400 | NA* | NA* | 1 | 13.07630 | 0.1592 |
| 2 | 14.79003 | 0.5401 | 15.43893 | 0.4928 | 16 | 2 | 7.760495 | 0.5585 |
| 3 | 18.70236 | 0.8112 | 19.71804 | 0.7615 | 25 | 3 | 5.238140 | 0.8131 |
| 4 | 26.93840 | 0.8000 | 29.01679 | 0.7104 | 34 | 4 | 8.975374 | 0.4396 |
| 5 | 32.31445 | 0.8832 | 35.28885 | 0.7922 | 43 | 5 | 7.381541 | 0.5975 |
| 6 | 41.53852 | 0.8502 | 46.42135 | 0.6921 | 52 | 6 | 12.71709 | 0.1758 |
| 7 | 47.91272 | 0.8889 | 54.38910 | 0.7125 | 61 | 7 | 7.239202 | 0.6122 |
| 8 | 50.30893 | 0.9636 | 57.49530 | 0.8577 | 70 | 8 | 2.822620 | 0.9709 |
| 9 | 56.31573 | 0.9750 | 65.58137 | 0.8601 | 79 | 9 | 9.079906 | 0.4299 |
| 10 | 61.98718 | 0.9840 | 73.52141 | 0.8658 | 88 | 10 | 11.78859 | 0.2255 |
| 11 | 66.23797 | 0.9928 | 79.72048 | 0.8987 | 97 | 11 | 5.686416 | 0.7708 |
| 12 | 67.92273 | 0.9985 | 82.28424 | 0.9575 | 106 | 12 | 2.161969 | 0.9886 |

Las pruebas indican que no existe autocorrelación en los residuales, por lo tanto son ruido blanco

- **Prueba de normalidad y prueba de Heterocedasticidad**

| Prueba de normalidad | | | | prueba de Heterocedasticidad | | |
|----------------------|-------------|----|--------|------------------------------|----|--------|
| Component | Jarque-Bera | df | Prob. | Joint test: | | |
| 1 | 0.336256 | 2 | 0.8452 | Chi-sq | df | Prob. |
| 2 | 1.748220 | 2 | 0.4172 | 39.09860 | 54 | 0.9365 |
| 3 | 0.078345 | 2 | 0.9616 | | | |
| Joint | 2.162821 | 6 | 0.9041 | | | |

Los residuales siguen una distribución normal y son homocedásticos

- **Prueba de Causalidad de Granger**

Dependent variable: D(LPIB)

| Excluded | Chi-sq | df | Prob. |
|----------|----------|----|--------|
| D(LELEC) | 2.731839 | 1 | 0.0984 |
| D(LEMP) | 2.242416 | 1 | 0.1343 |
| All | 4.608992 | 2 | 0.0998 |

Dependent variable: D(LELEC)

| Excluded | Chi-sq | df | Prob. |
|----------|----------|----|--------|
| D(LPIB) | 0.115245 | 1 | 0.7342 |
| D(LEMP) | 0.022922 | 1 | 0.8797 |
| All | 0.115250 | 2 | 0.9440 |

Dependent variable: D(LEMP)

| Excluded | Chi-sq | df | Prob. |
|----------|----------|----|--------|
| D(LPIB) | 21.84586 | 1 | 0.0000 |
| D(LELEC) | 4.629838 | 1 | 0.0314 |
| All | 34.26745 | 2 | 0.0000 |

Bibliografía

- Agostini, C., & Plottier, M., & Saavedra, E. (2012). La demanda residencial de energía eléctrica en Chile. *Economía Chilena, Banco Central de Chile*, 15, 64 – 83.
- Al-mulali, U., Lee, J. Y., Hakim Mohammed, A., & Sheau-Ting, L. (2013). Examining the link between energy consumption, carbon dioxide emission, and economic growth in Latin America and the Caribbean. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 42–48. doi:10.1016/j.rser.2013.05.041
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2009). Energy consumption and economic growth in Central America: Evidence from a panel cointegration and error correction model. *Energy Economics*, 31(2), 211–216. doi:10.1016/j.eneco.2008.09.002
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Energy consumption and growth in South America: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 32(6), 1421–1426. doi:10.1016/j.eneco.2010.04.006
- Arias, E & Torres, C. (2004). Modelos VAR y VECM para el pronóstico de corto plazo de las importaciones de Costa Rica. *Banco Central de Costa Rica*.
- Blanchard, O. & Fischer, S (1989). *Lectures on Macroeconomics*, Cambridge, United States of America: MIT Press.
- Barreto, C., & Campo, J. (2012). Relación a largo plazo entre consumo de energía y PIB en América Latina: Una evaluación empírica con datos panel using panel data. *Ecos de Economía*, (35), 73–89.
- Bunster, J. (2013). *Desafíos del Sector Eléctrico en Chile* [PowerPoint slides]. Consultarlo: en <http://www.sonami.cl/files/presentaciones/721/02.-%20Desaf%EDos%20del%20Sector%20El%E9ctrico%20en%20Chile.pdf>
- Chiou-Wei, S. Z., Chen, C.-F., & Zhu, Z. (2008). Economic growth and energy consumption revisited — Evidence from linear and nonlinear Granger causality. *Energy Economics*, 30(6), 3063–3076. doi:10.1016/j.eneco.2008.02.002
- Chontanawat, J., Hunt, L. C., & Pierse, R. (2008). Does energy consumption cause economic growth?: Evidence from a systematic study of over 100 countries. *Journal of Policy Modeling*, 30(2), 209–220. doi:10.1016/j.jpolmod.2006.10.003

- Ebohon, O.J. (1996). Energy, economic growth and causality in developing countries: a case study of Tanzania and Nigeria. *Energy Policy* 24, 447–453
- Eggoh, J. C., Bangake, C., & Rault, C. (2011). Energy consumption and economic growth revisited in African countries. *Energy Policy*, 39(11), 7408–7421. doi:10.1016/j.enpol.2011.09.007
- Espinosa, O. A., & Vaca, P. A. (2013). cointegración y estimación recursiva bajo una modelación VECPTF y productividad laboral en Colombia 1970 - 2010. Una aproximación a partir del modelo de Solow-Swan mediante análisis de. *Econografos Escuela de Economía*, 35, 1–46.
- Esso, L. J. (2010). Threshold cointegration and causality relationship between energy use and growth in seven African countries. *Energy Economics*, 32(6), 1383–1391. doi:10.1016/j.eneco.2010.08.003
- Fonseca, S. (2013). *Consumo de energía eléctrica y PIB: Análisis panel para países latinoamericanos, del Caribe y africanos*.
- Ghosh, S. (2009). Electricity supply, employment and real GDP in India: evidence from cointegration and Granger-causality tests. *Energy Policy*, 37(8), 2926–2929. doi:10.1016/j.enpol.2009.03.022
- González, J. J. (2006). “ Patrones de consumo aparente de energías modernas y actividad económica en América Latina durante el siglo XX.” *Universidad Barcelona*.
- Granger, J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross spectral Methods. *The Econometric Society*, 15(3), 424 – 438.
- Gujarati, D.(2003). *Econometría*, México D.F., México: McGraw – Hill Interamericana.
- Hernández, D. (2013). Desafíos energéticos para la industria minera chilena. In *Grupo Antofagasta*.
- Kraft, J., Kraft, A., (1978). On the relationship between energy and GNP. *Journal of Energy Development* 3, 401 – 403.
- Lee CC, Chang CP. (2005). Structural breaks, energy consumption, and economic growth revisited: evidence from Taiwan. *Energy Economics*, 27, 857–72.
- Loría, E. (2007). *Econometría con aplicaciones*. , México D.F., México: Prentice Hall.
- Lütkepohl, H. & Krätzig (2004). *Applied time series econometrics*, Cambridge, United States of America: Cambridge University Press.

- Mata, H. (2003). Nociones Elementales de Cointegración Enfoque de Soren Johansen. Retrieved from <http://www.webdelprofesor.ula.ve/economia/hmata/Notas/Johansen.pdf>
- Ministerio de Energía gobierno de Chile (2010). *Plan de Acción de Eficiencia Energética 2020*.
- Ministerio de Energía gobierno de Chile (2012). *Estrategia nacional de Energía 2012 - 2030. Energía para el futuro limpia - segura - económica*.
- Nachane, D., & Nadkarni, R., & Karnik, A. (1988). Co-integration and causality test of the energy - DGP relationship: a cross - country study. *Applied Economics*, 20, 1511-1531.
- Narayan, P.K., Singh, B., (2007). The electricity consumption and GDP nexus for Fiji Islands. *Energy Economics* 29, 1141-1150.
- Narayan, P. K., & Smyth, R. (2005). Electricity consumption, employment and real income in Australia evidence from multivariate Granger causality tests. *Energy Policy*, 33(9), 1109-1116. doi:10.1016/j.enpol.2003.11.010
- Narayan, P. K., Smyth, R., & Prasad, A. (2007). Electricity consumption in G7 countries: A panel cointegration analysis of residential demand elasticities. *Energy Policy*, 35(9), 4485-4494. doi:10.1016/j.enpol.2007.03.018
- Odhiambo, N. M. (2008). Financial depth, savings and economic growth in Kenya: A dynamic causal linkage. *Economic Modelling*, 25(4), 704-713. doi:10.1016/j.econmod.2007.10.009
- Odhiambo, N. M. (2009). Electricity consumption and economic growth in South Africa: A trivariate causality test. *Energy Economics*, 31(5), 635-640. doi:10.1016/j.eneco.2009.01.005
- Ozturk, I., Aslan, A., & Kalyoncu, H. (2010). A literatu resurvey on energy-growth nexus. *Energy Policy*, 38(8), 4422-4428. doi:10.1016/j.enpol.2010.03.071
- Payne, J. E. (2010). A survey of the electricity consumption-growth literature. *Applied Energy*, 87(3), 723-731. doi:10.1016/j.apenergy.2009.06.034
- Rosenberg, N. (1998). L The role of electricity in industrial development. *The Energy Journal* 19, 7-24
- Salazar, G & Pinto, J (2002). *Historia contemporánea de Chile III. La economía: mercados empresarios y trabajadores*.
- Templet, P.H. (1999). Energy, diversity and development in economic systems; an empirical analysis. *Energy Policy* 30, 223-233.

- Wolde-Rufael, Y. (2006a). Electricity consumption and economic growth: a time series experience for 17 African countries. *Energy Policy*, 34(10), 1106–1114. doi:10.1016/j.enpol.2004.10.008
- Wolde-Rufael, Y. (2006b). Electricity consumption and economic growth: a time series experience for 17 African countries. *Energy Policy*, 34(10), 1106–1114. doi:10.1016/j.enpol.2004.10.008
- Wolde-Rufael, Y. (2010). Bounds test approach to cointegration and causality between nuclear energy consumption and economic growth in India. *Energy Policy*, 38(1), 52–58. doi:10.1016/j.enpol.2009.08.053
- Yoo, S.-H., & Kwak, S.-Y. (2010). Electricity consumption and economic growth in seven South American countries. *Energy Policy*, 38(1), 181–188. doi:10.1016/j.enpol.2009.09.003