

Crecimiento económico, consumo de energía eléctrica y comercio. Un análisis de causalidad para México 1968-2013

Mario Gómez Aguirre¹

*Julieta Castro Loaiza**

Resumen

Durante los últimos años varias economías han experimentado un aumento en comercio internacional, PIB y consumo de energía eléctrica, por lo que han surgido distintos trabajos que investigan el efecto de un aumento de exportaciones en el consumo de electricidad y las implicaciones de éste en el crecimiento económico. Este trabajo utiliza datos anuales para México, 1968-2013, con el fin de examinar la relación de causalidad entre crecimiento económico (PIB), consumo de energía eléctrica y comercio exterior (exportaciones). En cuanto a implicaciones políticas, como se encontró que el consumo de electricidad causa PIB en el sentido de Granger, es importante que sean revisadas las políticas de conservación de energía, ya que podrían tener un efecto negativo en el crecimiento económico. En cuanto a políticas de promoción de comercio internacional, es de suma importancia su implementación, debido a que los resultados muestran una relación de causalidad bidireccional entre exportaciones y PIB.

Palabras clave: México, crecimiento económico, exportaciones, consumo de electricidad, causalidad de Granger.

Abstract

Over the past years many economies have experienced large increases in international trade, GDP and electricity consumption, this has led to plenty of academic research on the effect of increase in exports to electricity consumption and the implications of that on economic growth. This research employs annual data for Mexico from 1968 to 2013 to examine the causal relationship between economic growth (GDP), electricity consumption and international trade (exports). As this study found a causal relationship in the Granger sense running from the electricity consumption to GDP, is important that electricity conservation policies are revised by the government because they could have a negative effect on the economic growth. As for policies that promote international trade, it is important their implementation due to the bidirectional causal relationship between exports and GDP.

Keywords: Mexico, economic growth, exports, electricity consumption, Granger causality.

¹ Universidad Michoacana de San Nicolás De Hidalgo- Instituto de investigaciones económicas y empresariales

Introducción

En los últimos años, varias economías emergentes y en desarrollo han experimentado un rápido incremento en el comercio, el ingreso y el consumo de energía. Hasta la fecha, hay una gran cantidad de trabajos publicados que investigan la relación entre el consumo de energía y el PIB y una literatura más amplia que examina la relación entre las exportaciones y el PIB. Sin embargo, hay pocos estudios acerca de la relación entre el comercio y el consumo de energía.

El objetivo de este trabajo es conocer la relación de causalidad que existe entre las variables crecimiento económico, consumo de energía eléctrica y comercio para el caso de México basado en el periodo 1968-2013.

A lo largo de este documento se presenta el planteamiento del problema, evidencia empírica de las distintas relaciones entre variables estudiadas en este trabajo: exportaciones y crecimiento económico, consumo de energía y crecimiento y consumo de energía y exportaciones. Más adelante se muestran las hipótesis planteadas y las distintas pruebas que se utilizaron para llegar a los resultados, que se muestran en el apartado previo a las conclusiones.

Planteamiento del problema

La interacción entre el comercio internacional y el consumo de energía es una relación que ha sido poco estudiada, para el caso de México, se pueden mencionar a Shahbaz et al. (2014), donde se analiza esta relación para 91 países (incluido México) y encontraron que para los países de mediano ingreso, categoría donde se encuentra México, la relación entre la apertura comercial y el consumo de energía es en forma de U, lo que revela que la apertura comercial reduce el consumo de energía al principio, pero el consumo de energía aumenta con el continuo proceso de apertura comercial.

La producción económica, el comercio y el consumo de energía tienden a moverse juntos a través del tiempo y así como los países de todo el mundo continúan creciendo y desarrollándose hay un interés en aprender más acerca de la relación dinámica entre estas variables.

La mayoría de los estudios se centran ya sea en la relación entre el consumo de energía y de producción o de la relación entre la producción y el comercio. El consumo de energía, la producción y el comercio tienden a un crecimiento en conjunto a través del tiempo y parece natural incluirlos juntos en un modelo. Mediante el uso de un modelo que combina el comercio, la producción y consumo de energía; se puede obtener una mejor comprensión de la relación dinámica entre estas variables.

La comprensión de la relación entre el consumo de energía, el comercio y la producción es crucial para entender las políticas energéticas, ambientales y para desarrollar nuevas y efectivas políticas del tipo antes mencionadas (Sadorsky, 2012).

El problema de esta investigación radica en que son pocos los estudios de causalidad entre las variables consumo de energía y crecimiento económico que se han llevado a cabo para México, la mayoría de los existentes como los de Lee (2005), Mehrara (2007) y más recientemente Omri y Kahouli (2014), utilizan datos panel, por lo cual los resultados que obtuvieron ellos en sus trabajos podrían diferir de los encontrados en esta investigación, al igual que los indicadores utilizados para cada variable, así como el periodo de análisis son distintos en cada uno de sus artículos.

Estudiar estas relaciones de causalidad para México se torna importante sobre todo en el ámbito de implementación de políticas en materia de comercio y de consumo de energía, justo como menciona Sadorsky (2011), para la relación consumo de energía-exportaciones, si se encuentra que el consumo de energía causa exportaciones o importaciones en el sentido de Granger, entonces cualquier reducción en el consumo de energía, procedentes por decir de las políticas de conservación de la energía, reducirá las exportaciones o las importaciones y disminuirán los beneficios del comercio. Políticas de conservación energética que reduzcan el consumo de energía compensará las políticas de liberalización del comercio destinadas a promover el crecimiento económico.

De igual manera que con las exportaciones es importante conocer el sentido de la causalidad entre el PIB y el consumo de energía, ya que de esa forma se podría brindar soporte a las estrategias del gobierno en materia de energía o en caso de que éstas no estén funcionando de la manera esperada, los resultados de esta investigación servirían de respaldo para explicar el porqué de esa situación y como podría solucionarse.

REVISIÓN DE LITERATURA

Exportaciones y crecimiento económico

Es convencional entre los responsables de políticas y académicos que consideren a las exportaciones como un factor clave en la promoción del crecimiento económico en los países en desarrollo; hay varios argumentos teóricos que apoyan esta hipótesis. Desde la perspectiva de la demanda, se argumenta que el crecimiento sostenido no se puede mantener en los mercados

nacionales debido a su reducido tamaño. Los mercados de exportación, por el contrario, son casi ilimitados y por lo tanto no implican restricciones de crecimiento en el lado de la demanda, lo que implica que pueden actuar como un catalizador para el crecimiento de la producción a través de una expansión de la demanda agregada (Siliverstovs y Herzer, 2007). Este es el efecto de crecimiento directo e intuitivamente obvio de las exportaciones que no necesita de mayor investigación.

Hay varias formas en que las exportaciones pueden afectar la productividad. En primer lugar, las exportaciones pueden proporcionar las divisas para financiar las importaciones que incorporan el conocimiento de la tecnología extranjera y la producción de conocimientos, promoviendo así la difusión de conocimientos transfronterizos (Grossman y Helpman, 1991). En segundo lugar, las exportaciones pueden aumentar la productividad mediante la concentración de la inversión en los sectores más eficientes de una economía, aquellos en los que el país tiene una ventaja comparativa (Kunst y Marín, 1989). En tercer lugar, ya que combinando el mercado internacional con el mercado interno se facilitan las operaciones de mayor escala más que el mercado nacional por sí solo, una expansión de las exportaciones permite que los países se beneficien de las economías de escala (Helpman y Krugman, 1985). En cuarto lugar, y quizás lo más importante, el sector exportador puede generar externalidades positivas en el sector no exportador (Feder, 1983). Las fuentes de estos derrames de conocimiento incluyen, por un lado, los incentivos para mejoras tecnológicas, capacitación laboral y una gestión más eficiente debido a la creciente competencia internacional y, por otro lado, acceso directo al conocimiento extranjero a través de las relaciones con los compradores extranjeros (Chuang, 1998).

Varios argumentos sugieren, sin embargo, que los efectos positivos de productividad previstos por la hipótesis *export-led-growth* no necesariamente se producen en los países en desarrollo. Una preocupación es que muchos países en desarrollo dependen en gran medida de las exportaciones de productos primarios. Tales exportaciones pueden llevar economías a alejarse de los sectores de fabricación competitivos en los que se generan muchas externalidades necesarias para el crecimiento sostenible, mientras que el sector exportador primario no tiene por sí mismo muchos vínculos con la economía, así como tampoco derramas en la misma (Sachs y Warner, 1995; Herzer, 2007). Por otra parte, las exportaciones de bienes primarios tienden a ser objeto de grandes fluctuaciones de precio y volumen. Por lo tanto, un aumento de las exportaciones puede dar lugar a un aumento de la incertidumbre macroeconómica, lo que, a su vez, pueden obstaculizar los esfuerzos para la planificación económica y reducir la cantidad, así como la eficiencia de la inversión interna (Dawe, 1996).

Por último, muchos países en desarrollo están sujetos a las regulaciones empresariales y laborales excesivas que limitan tanto la movilidad de los factores entre sectores y la flexibilidad de los precios de los factores (Banco Mundial, 2009). En tal escenario de graves imperfecciones de mercado, un aumento en las exportaciones puede estar asociado con desempleo o subempleo y, en consecuencia, con pérdidas de productividad (Edwards, 1988).

Consumo de energía y crecimiento económico

Es bien sabido que la electricidad juega un papel vital en la producción y consumo de bienes y servicios en una economía. En un estudio de más de 100 países, Ferguson et al. (2000), encontraron una fuerte correlación entre el uso de la electricidad y el nivel de desarrollo económico y el crecimiento. Sin embargo, la presencia de una fuerte correlación no implica necesariamente una relación causal. La relación causal puede ser del consumo de electricidad hacia el crecimiento económico, del crecimiento económico hacia el consumo de electricidad, en ambas direcciones, o la ausencia de causalidad por completo. De hecho, la comprensión de la relación causal entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico es importante en el diseño e implementación de políticas medioambientales y energéticas.

La relación causal entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico ha sido sintetizada en cuatro hipótesis comprobables dentro de la literatura (Mehra, 2007; Narayan y Smith, 2009; Lean y Smith, 2010; Payne, 2010; Sadorsky, 2011). En primer lugar, la hipótesis de un crecimiento afirma causalidad unidireccional desde el consumo de electricidad hacia el crecimiento económico. Si tal es el caso, la reducción del consumo de electricidad debido a las políticas orientadas a la conservación de la electricidad puede tener un impacto negativo del crecimiento económico. En segundo lugar, la hipótesis de la conservación postula causalidad unidireccional de crecimiento económico hacia el consumo de electricidad. En esta situación, las políticas de conservación de electricidad destinadas a reducir el consumo de electricidad y los residuos tendrán poco o ningún efecto sobre el crecimiento económico. En tercer lugar, la hipótesis de la neutralidad sugiere la ausencia de una relación causal entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico. La implicación de la hipótesis de la neutralidad es que las políticas de conservación de la electricidad no tendrán ningún efecto sobre el crecimiento económico.

En cuarto lugar, la hipótesis de retroalimentación hace hincapié en la relación de interdependencia entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico en el que la causalidad corre en ambas direcciones. Por lo tanto, bajo la hipótesis de retroalimentación, una política energética orientada a

la mejora de la eficiencia del consumo de electricidad puede no afectar adversamente el crecimiento económico.

Para una mejor comprensión de esta relación este estudio tendrá como fundamento los resultados del trabajo de Payne (2010), dónde se dio a la tarea de realizar una revisión de literatura que analiza la relación entre las variables consumo de electricidad-crecimiento económico y en algunos casos variables extra como las exportaciones. Las principales conclusiones de su trabajo hablan de que la comprensión de la relación causal entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico proporciona una base para el debate sobre el diseño y la aplicación adecuada de las políticas medioambientales y energéticas. No es de extrañar que los resultados empíricos hayan arrojado resultados mixtos en términos de las cuatro hipótesis (crecimiento, la conservación, la neutralidad, y retroalimentación) relacionados con la relación causal entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico. La variación en los resultados empíricos se puede atribuir a la selección de variables, las especificaciones del modelo, períodos de tiempo de los estudios, y los enfoques econométricos realizados.

Consumo de energía y comercio

A pesar del hecho de que existe una vasta literatura para la relación entre consumo de energía y crecimiento económico (PIB) e incluso aún más para la relación crecimiento económico-comercio como se ha visto en apartados anteriores de este estudio, se ha explorado muy poco la conexión entre comercio y energía. Primero se encuentran Narayan y Smith (2009), que examinan la relación causal entre consumo de electricidad, exportaciones y PIB para un panel de 6 países de Medio Este de 1974-2002 y sus resultados muestran que estadísticamente existe una relación entre esas variables, un aumento del 1 por ciento del consumo de electricidad aumenta el PIB en un 0,04 por ciento, un aumento del 1 por ciento de las exportaciones aumenta el PIB en un 0,17 por ciento y un aumento del 1 por ciento del PIB genera un aumento del 0,95 por ciento en el consumo de electricidad. Las implicaciones políticas son que para el panel en su conjunto esos países deben invertir en infraestructura eléctrica e intensificar las políticas de conservación de la electricidad para evitar una reducción en el consumo de electricidad que afecte adversamente el crecimiento económico. Otras implicaciones políticas son que para la promoción de las exportaciones para ese grupo de países, en particular de las exportaciones no petroleras, es un medio para promover el crecimiento económico y que la expansión de las exportaciones se puede realizar sin tener efectos adversos sobre las políticas de conservación de la energía.

La relación entre la energía y el comercio es un tema que recién ha comenzado a ser estudiado, Sadorsky (2011), menciona que es importante por varias razones. Si se encuentra que el consumo de energía causa exportaciones o importaciones en el sentido de Granger, entonces cualquier reducción en el consumo de energía, procedentes por decir de las políticas de conservación de la energía, reducirá las exportaciones o las importaciones y disminuirán los beneficios del comercio. Políticas de conservación energética que reduzcan el consumo de energía compensará las políticas de liberalización del comercio destinadas a promover el crecimiento económico. Esto coloca a las políticas de conservación de la energía en desacuerdo con las políticas de liberalización del comercio. Si se encuentra causalidad de Granger en un sentido, de las exportaciones o importaciones a la energía, entonces las políticas de conservación de la energía no afectarán a las políticas de liberalización del comercio diseñadas para aumentar el crecimiento económico.

Una aguda escasez de fuentes de energía en los países en desarrollo ha demostrado que la energía se ha convertido en un insumo obligatorio para cualquier proceso de producción. El consumo de energía, siendo un insumo vital en el proceso de producción, afecta directamente al PIB. La disponibilidad de energía a un costo razonable mejora la competitividad de los productos locales en el mercado internacional, aumenta las exportaciones y afecta al PIB indirectamente. Además, la demanda de maquinaria pesada y componentes básicos para el crecimiento industrial también depende de un suministro suficiente de energía (Shakeel et al., 2013).

En teoría, hay un número de razones sobre cómo las exportaciones pueden afectar el consumo de energía. La expansión las exportaciones aumenta la demanda de los factores de producción (capital, trabajo, energía) que se utilizan para hacer las exportaciones. Una vez que se producen las exportaciones, maquinaria y equipo se deben usar para cargar y transportar las exportaciones a los puertos marítimos, aeropuertos y otras estaciones de conexión donde las exportaciones son descargadas y re-cargadas para los viajes al extranjero. La maquinaria y equipos utilizados en la producción, procesamiento y transporte de mercancías para la exportación requieren energía para funcionar. Un aumento de las exportaciones representa un aumento de la actividad económica en los sectores orientados a la exportación, lo que debería aumentar la demanda de energía (Sadorsky, 2011).

Después el mismo Sadosrsky (2012), menciona que también es posible que los cambios en el consumo de energía afecten a las exportaciones porque la energía es un insumo importante en la producción de mercancías destinadas a la exportación. La producción de las exportaciones requiere factores de producción como el capital, el trabajo y la energía. Una dramática disminución en el consumo de energía, por ejemplo, un programa de conservación de la energía, podría afectar a la

capacidad de producir bienes para la exportación. También es posible que exista una relación de retroalimentación entre la energía y las exportaciones mediante el cual la energía es importante para explicar los movimientos de las exportaciones y las exportaciones son importantes para explicar los movimientos de la demanda energética. En este caso, el consumo de energía y las exportaciones comparten interdependencia y efectos complementarios. También es posible que la relación entre la energía y las exportaciones sea neutral. En este caso, la correlación entre el consumo de energía y las exportaciones sería tan pequeña que no se presentaría como una relación estadísticamente significativa en los niveles de las pruebas convencionales.

El desarrollo del sector energético está íntimamente ligado con el crecimiento económico y social en México, ya que la energía es insumo en todos los sectores de la economía, por ejemplo: para el transporte de personas y mercancías, la producción de manufacturas y el funcionamiento de establecimientos comerciales, de servicios, fábricas y hogares. La importancia que tiene en las finanzas públicas y en el comercio exterior también lo convierte en una instancia estratégica.

DATOS Y MODELOS ECONOMÉTRICOS

En esta sección primero se mencionan los datos que fueron empleados y después los modelos econométricos usados en esta investigación.

Datos

El periodo a analizar en esta investigación comprende 46 observaciones, de 1968 al 2013 para México. El consumo de electricidad per cápita (EC) fue medido en millones de kW, con datos obtenidos de Agencia Internacional de Energía (AIE); el PIB real per cápita (Y) en términos de dólares, tomando como base al año 2000, datos del Banco Mundial; las exportaciones reales per cápita (EX), tomando como base al año 2000; y finalmente, el INPC (P) fue obtenido del Banco de México, tomando como base al año 2000.

Modelos

En primera instancia se aplicaron las pruebas de raíz unitaria para determinar el orden de integración de las variables: Augmented Dickey Fuller (ADF) y Phillips y Perron (PP). Después se realizó el análisis de cointegración entre las variables utilizando la prueba de cointegración de Autoregressive Distributed Lag (ARDL), la cual fue propuesta por Pesaran et al. (2001). Esta prueba implica la investigación de la existencia de una relación de largo plazo entre las variables consumo de electricidad, el PIB real, las exportaciones y el INPC, utilizando un modelo de

corrección de errores sin restricciones. Finalmente se probó la causalidad de Granger con la pruebas de Granger y Toda-Yamamoto.

Resultados

En la sección anterior se han definido los métodos utilizados para llevar a cabo esta investigación, ahora en este apartado se muestran los resultados que se obtuvieron una vez que se aplicaron las pruebas que se describen a continuación.

Pruebas de raíz unitaria

Cuando hablamos de una secuencia de valores ordenados cronológicamente a lo largo del tiempo la denominamos serie de tiempo. Al realizar estudios con series de tiempo, es posible encontrar secuencias estacionarias y no estacionarias. Una serie de tiempo es estacionaria si su distribución es constante a lo largo del tiempo (la media, varianza y covarianza son constantes en el tiempo) (Gujarati, 2010). Sin embargo, muchas de las series de tiempo que se analizan no cumplen con la condición de estacionariedad (series con raíz unitaria) cuando tienen una tendencia estocástica.

Cuando no se cumple la condición de estacionariedad se pueden presentar problemas serios, consistentes en que dos variables completamente independientes pueden aparecer como significativamente asociadas entre sí en una regresión, únicamente por tener ambas una tendencia y crecer a lo largo del tiempo; estos casos fueron denominados por Granger y Newbold (1974), como “regresiones espurias”.

Prueba Dickey-Fuller Aumentada

Por lo anterior, en este estudio se ha llevado a cabo la prueba ADF para determinar el orden de integración de las series. Las variables consumo de electricidad e INPC, presentan raíz unitaria en niveles, pero son estacionarias en primeras diferencias a un nivel de significancia de 5 y 10%, respectivamente. En cuanto a las exportaciones per cápita y el PIB, ambas presentan raíz unitaria en niveles, pero son estacionarias en primeras diferencias a un nivel de significancia del 1%.

Prueba de Philips-Perron

Los resultados obtenidos en la prueba PP, al igual que la anterior muestran que las variables presentan raíz unitaria en niveles, pero son estacionarias en primeras diferencias, por lo cual se concluye que las variables son integradas de orden uno.

Pruebas de cointegración

La regresión de una variable de serie de tiempo sobre una o más variables de series de tiempo a menudo puede dar resultados sin sentido o espurios. Este fenómeno se conoce como regresión espuria. Una forma de evitarla es establecer si las series de tiempo están cointegradas. Cointegración significa que, a pesar de no ser estacionarias en un nivel individual, una combinación lineal de dos o más series de tiempo puede ser estacionaria. Las pruebas Engle-Granger (EG) y de Johansen, sirven para averiguar si dos o más series de tiempo están cointegradas. La cointegración de dos (o más) series de tiempo indica que existe una relación de largo plazo, o de equilibrio, entre ellas. En tanto se verifique que los residuos de las regresiones son $I(0)$ o estacionarios, la metodología tradicional de regresión (inclusive las pruebas t y F) es aplicable a las series de tiempo (no estacionarias) (Gujarati, 2010).

Prueba de Engle-Granger

Al aplicar la prueba de cointegración de Engle-Granger (1987), se obtiene que la hipótesis nula de no cointegración se rechaza, por lo cual se puede decir que existe una relación de largo plazo entre las variables a un nivel de significancia del 1%.

Prueba de Johansen

La prueba de cointegración de Johansen (1995), determina el número de vectores de cointegración. Esta prueba indica si existe o no cointegración entre las series analizadas por medio de la traza (Trace test) y del Eigenvalue máximo (Maximum Eigenvalue Test), los resultados indican que en estas series de tiempo existe cointegración a un nivel de significancia del 5%.

Mecanismo de corrección de errores

Una vez que se demostró que las series de tiempo con las que se ha trabajado se encuentran cointegradas, es decir, que existe una relación de largo plazo o de equilibrio entre ellas, el Mecanismo de Corrección de errores (MCE) corrige el desequilibrio que puede existir en el corto plazo. Las ecuaciones utilizadas para las distintas regresiones se muestran a continuación:

Ecuación MCE consumo de energía eléctrica variable dependiente:

$$\Delta CE = C + \beta_1 \Delta CE_{t-1} + \beta_2 \Delta CE_{t-2} + \beta_3 \Delta CE_{t-3} + \beta_4 \Delta CE_{t-4} + \beta_5 \Delta EXP_{t-1} + \beta_6 \Delta EXP_{t-2} + \beta_7 \Delta EXP_{t-3} + \beta_8 \Delta EXP_{t-4} + \beta_9 \Delta INPC_{t-1} + \beta_{10} \Delta PIB_{t-1} + \beta_{11} \Delta PIB_{t-2} + \beta_{12} \Delta u_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Ecuación MCE exportaciones per cápita variable dependiente:

$$\Delta EXP = C + \beta_1 \Delta EXP_{t-1} + \beta_2 \Delta CE_{t-1} + \beta_3 \Delta INPC_{t-1} + \beta_4 \Delta INPC_{t-2} + \beta_5 \Delta PIB_{t-1} + \beta_6 \Delta PIB_{t-2} + \beta_7 \Delta u_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Ecuación MCE INPC variable dependiente:

$$\Delta INPC = C + \beta_1 \Delta INPC_{t-1} + \beta_2 \Delta INPC_{t-2} + \beta_3 \Delta INPC_{t-3} + \beta_4 \Delta CE_{t-1} + \beta_5 \Delta EXP_{t-1} + \beta_6 \Delta EXP_{t-2} + \beta_7 \Delta PIB_{t-1} + \beta_8 \Delta u_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Ecuación MCE PIB variable dependiente:

$$\Delta PIB = C + \beta_1 \Delta PIB_{t-1} + \beta_2 \Delta CE_{t-1} + \beta_3 \Delta CE_{t-2} + \beta_4 \Delta EXP_{t-1} + \beta_5 \Delta EXP_{t-2} + \beta_6 \Delta INPC_{t-1} + \beta_7 \Delta INPC_{t-2} + \beta_8 \Delta INPC_{t-3} + \beta_9 \Delta INPC_{t-4} + \beta_{10} \Delta u_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Donde

CE : Consumo de energía eléctrica per cápita

EXP: exportaciones per cápita

INPC: Índice Nacional del Precios al Consumidor

PIB: PIB per cápita

u_{t-1} : valor rezagado del término de error de la ecuación inicial

ε_t : término de error de ruido blanco

Para el MCE del CE, el coeficiente de los residuos rezagados un periodo presenta el signo esperado, negativo y significativo (-0.1352) al 5%. Por lo tanto, se puede decir que existe una relación de largo plazo entre las variables y que el desequilibrio de corto plazo entre ellas se corrige en un 13% cada año. Estos resultados indican una relación de causalidad de largo plazo de las variables INPC, PIB y exportaciones hacia el consumo de energía.

Para el caso del MCE de las exportaciones, el valor de coeficiente de rezago es de -2.0439, lo que quiere decir que el desequilibrio en el corto plazo se corrige en más del 200% cada año. Estadísticamente y de la misma manera que para el caso del consumo de energía, el término de

corrección de error es negativo (-2.0439) y significativo al 5%, por lo que se puede establecer una relación de causalidad de largo plazo de las variables consumo de energía, INPC y PIB hacia las exportaciones.

Posteriormente para el caso del MCE del PIB, el coeficiente de los residuos rezados es significativo al 5% pero no presenta el signo esperado (1.2811). Finalmente, en cuanto a los resultados del MCE del INPC, el coeficiente de los residuos tampoco presenta el signo esperado (0.243) y no es significativo.

Una vez realizados los modelos de corrección de errores, fue necesario comprobar que estos cumplieran con los supuestos de un modelo de regresión lineal bien especificado, para dicho fin se llevaron a cabo las siguientes pruebas: de Ramsey, de normalidad, de autocorrelación y de heteroscedasticidad; las cuales fueron satisfactorias.

Pruebas de causalidad

Finalmente, se procedió a probar la existencia de una relación de causalidad entre las variables con la prueba de Granger (1969) a través del MCE y la prueba de causalidad propuesta por Toda-Yamamoto (1995).

Como se puede observar en la tabla 1, los resultados de ambas pruebas para los sentidos de la causalidad son similares para la mayoría de las relaciones entre variables. Comenzando por las relaciones en las cuales ambas pruebas coinciden, la relación PIB-exportaciones presenta una relación de causalidad bidireccional, con un nivel de significancia del 1 y 5% para la prueba de Granger y TY, respectivamente, cuando la causalidad va de las exportaciones al PIB, y con un nivel del 5 y 10% para la prueba de Granger y TY, respectivamente, cuando la causalidad va del PIB a las exportaciones. Al igual que ésta, la relación PIB-INPC es bidireccional, con un nivel de significancia del 1% en ambas pruebas, cuando la causalidad va del PIB hacia el INPC, y del 5 y 1% para la Prueba de Granger y TY, respectivamente, cuando la causalidad va en el sentido contrario. Para el caso de la relación INPC-exportaciones, ambas pruebas muestran una relación de causalidad unidireccional en el sentido de Granger de las exportaciones al INPC con un nivel de significancia del 5 y 1% para la prueba de Granger y TY, respectivamente. Siguiendo con las exportaciones, en la relación exportaciones-consumo de energía, no se encontró relación en ningún sentido en ninguna de las pruebas. Para las últimas dos relaciones, que tienen que ver con consumo de energía, se obtuvieron distintos resultados para cada una de las pruebas, para la relación consumo de energía-PIB en la prueba de Granger se encontró una relación de causalidad

bidireccional con un nivel de significancia del 1% yendo del consumo al PIB y del 3% en el sentido contrario. Para la misma relación pero en la prueba TY, se obtuvo que la relación de causalidad entre estas variables es unidireccional, yendo sólo del consumo al PIB. Finalmente para el caso consumo de energía-INPC, en la prueba de Granger se encontró una relación de causalidad bidireccional con un nivel de significancia del 5% yendo del consumo al INPC y del 10% en el sentido contrario; para la misma relación pero en la prueba TY, se obtuvo que la relación de causalidad entre estas variables es unidireccional, yendo sólo del consumo al INPC.

Tabla 1 Resultados de pruebas de causalidad

Hipótesis	Prueba de Granger		Prueba de Toda-Yamamoto	
	F-statistic	Prob	F-statistic	Prob
H ₀ : PIB no causa CE en el sentido de Granger.	3.99	0.03	2.05	0.12
H ₀ : CE no causa PIB en el sentido de Granger.	5.90	0.00	10.01	0.00
H ₀ : PIB no causa EXP en el sentido de Granger.	3.63	0.03	2.62	0.07
H ₀ : EXP no causa PIB en el sentido de Granger.	5.50	0.01	6.70	0.00
H ₀ : PIB no causa INPC en el sentido de Granger.	9.59	0.00	8.89	0.00
H ₀ : INPC no causa PIB en el sentido de Granger.	4.53	0.01	4.65	0.00
H ₀ : EXP no causa INPC en el sentido de Granger.	3.52	0.04	5.30	0.00
H ₀ : INPC no causa EXP en el sentido de Granger.	0.65	0.52	0.85	0.42
H ₀ : EXP no causan CE en el sentido de Granger	2.04	0.11	1.40	0.22
H ₀ : CE no causa EXP en el sentido de Granger.	0.48	0.49	0.01	0.90
H ₀ : INPC no causa CE en el sentido de Granger	3.33	0.07	0.43	0.35
H ₀ : CE no causa INPC en el sentido de Granger.	8.63	0.01	8.27	0.00

Fuente: elaboración propia en base a los modelos estimados.

En el siguiente apartado se muestran las conclusiones a las cuales se ha llegado después de haber realizado las distintas pruebas para poder probar la existencia de causalidad entre las distintas variables estudiadas para el caso de México a partir de 1968 al 2013.

Conclusiones

Previo a aplicar las pruebas de causalidad, que es la parte fundamental de esta investigación, fue necesario estudiar las series de tiempo de las distintas variables de este trabajo: consumo de energía eléctrica, exportaciones, INPC y PIB; en México para el periodo 1968-2013, utilizando modelos econométricos se llegó a la conclusión de que las series son integradas de orden uno.

Una vez conocido el orden de integración de las series, se aplicaron pruebas de cointegración de las variables, las cuales mostraron que en efecto las series se encuentran cointegradas, es decir, que existe una relación de largo plazo entre las variables, por lo tanto se recurrió a utilizar el MCE que parte de la premisa de elaborar un modelo donde se trata el término de error como “error de equilibrio” con el cual es posible integrar el comportamiento en el corto plazo con el valor de largo plazo de las variables. Al obtener el modelo aplicando MCE, se aplicó la prueba de causalidad de Granger (1969) para poder llegar a los resultados que apoyaron a cumplir los objetivos de la investigación.

Para el caso de la relación exportaciones-PIB, los resultados muestran que para la economía mexicana existe una relación de causalidad bidireccional entre estas variables, por lo que se puede decir que para México se cumple con la teoría *export-led-growth*, como era de esperarse, ya que en los últimos años ha tenido una mayor presencia comercial mundial.

En cuanto a la otra relación de variables también muy estudiada, PIB-consumo de energía que es una de las más estudiadas en la literatura de consumo de energía, para el caso de México se encontró que existe una relación de causalidad bidireccional entre estas variables. Para esta relación no se ha llegado a un acuerdo de dirección de causalidad aplicable a todos los países, esto debido a distintos factores como la diferencia de datos utilizados, los periodos, los métodos empleados; por mencionar algunos, siendo lo importante que en efecto existe una relación entre estas variables y que la energía es un factor importante en el crecimiento económico, en este caso de México.

Para la relación consumo de energía-INPC se encontró que el consumo de energía sí tiene un efecto en el INPC pero no viceversa, situación que parecería obvia en cualquier economía, ya que un incremento en el consumo eléctrico podría llevar a una escasez de la electricidad, propiciando un aumento en los precios de la misma, lo que elevaría los precios de los productos, ya que para la generación de la gran mayoría es necesaria una fuente de energía, principalmente la eléctrica. La disponibilidad de energía a un costo razonable mejora la competitividad de los productos locales en el mercado internacional, aumenta las exportaciones y afecta al PIB indirectamente.

Finalmente, no se encuentra una la relación de causalidad entre el consumo de energía y el comercio (exportaciones) para México, esto brinda una oportunidad para futuras investigaciones, ya que la revisión de literatura empírica establece que debería de existir una relación entre estas variables, por lo cual sería importante que futuros estudios tomen en cuenta distintos indicadores de comercio a los utilizados en esta investigación para de esa forma compararlos con los resultados aquí obtenidos.

Referencias

- Banco Mundial. (2009). Recuperado de <http://datos.bancomundial.org/indicador/NE.EXP.GNFS.ZS>
- Barriga, M., y Gómez, M. (2012). La exportación de crudo en México y la productividad total de factores: un análisis de la relación de causalidad (1993-2009). *Denarius*, 15-48.
- Chuang, Y. (1998). Learning by doing, the technology gap, and growth. *International Economics Review*, 39(3), 697-721.
- Dawe, D. (1996). A new look at the effects of export instability on investment and growth. *World Development*, 24(12), 1905-1914.
- Edwards, S. (1988). Terms of trade, tariffs, and labor-market adjustment in developing countries. *World Bank Economics Review*, 2(2), 165-185.
- Engle, R., y Granger, C.W.J. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276.
- Feder, G. (1983). On exports and economic growth. *Journal of Development Economics*, 12(1-2), 59-73.
- Ferguson, R., Wilkinson, W., y Hill, R. (2000). Electricity use and economic development. *Energy Policy*, 28(13), 923-934.
- Granger, C. (1969). Investigating causal relationships by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, 424-438.
- Granger, C., y Newbold, P. (1974). Spurious regressions in econometrics. *Journal of econometrics*, 2(2), 111-120.
- Grossman, G., y E., H. (1991). *Innovation and growth in the global economy*. Cambridge: MIT Press.
- Gujarati, D. N. (2010). *Econometría*. México: McGraw-Hill.
- Helpman, E., y Krugman, P. R. (1985). *Market structure and foreign trade*. Cambridge: MIT Press.
- Herzer, D. (2007). How does trade composition affect productivity? Evidence for Chile. *Applied Econometrics Letters*, 14(12), 909-912.
- Johansen, S. (1995). A Statistical Analysis of Cointegration for I (2) Variables. *Econometric Theory*, 1(1), 25-59.
- Kunst, R., y Marin, D. (1989). On exports and productivity: a causal analysis. *Review of Economics and Statistics*, 71(4), 699-703.
- Lean, H. H., y Smyth, R. (2010). Multivariate Granger causality between electricity generation, exports, prices and GDP in Malaysia. *Energy*, 35(9), 3640-3648.
- Lee, C.C. (2005). Energy consumption and GDP in developing countries: A cointegrated panel analysis. *Energy Economics*, 27(3), 415-427.

- Mehrara, M. (2007). Energy consumption and economic growth: The case of oil exporting countries. *Energy Policy*, 35(5), 2939-2945.
- Narayan, P. K., y Smyth, R. (2009). Multivariate granger causality between electricity consumption, exports and GDP: Evidence from a panel of Middle Eastern countries. *Energy Policy*, 37(1), 229-236.
- Omri, A., y Kahouli, B. (2014). Causal relationships between energy consumption, foreign direct investment and economic growth: Fresh evidence from dynamic simultaneous-equations models. *Energy Policy*, 67, 913-922.
- Payne, J. (2010). A survey of the electricity consumption-growth literature. *Applied Energy*, 87(3), 723-731.
- Pesaran, M., Shin, Y., y Smith, R. (2001) Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Sachs, J., y Warner, A. (1995). Natural resource abundance and economic growth. NBER Working Paper No. 5398.
- Sadorsky, P. (2011). Trade and energy consumption in the Middle East. *Energy Economics*, 33(5), 739-749.
- Sadorsky, P. (2012). Energy consumption, output and trade in South America. *Energy Economics*, 34(2), 476-488.
- Shahbaz, M., Nasreen, S., Ling, C. H., y Sbia, R. (2014). Causality between trade openness and energy consumption: What causes what in high, middle and low income countries. *Energy Policy*, 70, 126-143.
- Shakeel, M., Iqbal, M., y Tariq, M. (2013). Energy Consumption, Trade and GDP: A Case Study of South Asian Countries. *Journal of Economic Literature*, 1-23.
- Silverstovs, B., y Herzer, D. (2007). Manufacturing exports, mining exports, and growth: cointegration and causality analysis for Chile (1960-2001). *Applied Econometrics*, 39(2), 153-167.
- Toda, H. Y., y Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of econometrics*, 66(1), 225-250.