



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIGALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y
EMPRESARIALES**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS
INTERNACIONALES**

**“CRECIMIENTO ECONÓMICO, CONSUMO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA Y COMERCIO. UN
ANÁLISIS DE CAUSALIDAD PARA MÉXICO
1968-2013”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES

PRESENTA:

JULIETA CASTRO LOAIZA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. MARIO GÓMEZ AGUIRRE



MORELIA, MICHOACÁN, JULIO 2016

AGRADECIMIENTOS

Por medio de estas líneas agradezco a las Instituciones y personas que han hecho posible este trabajo de tesis con el cual culmina un paso más en mi carrera profesional.

En primera instancia al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su invaluable apoyo económico para efectuar estudios de posgrado, sin el cual hubiese resultado limitada la labor de desarrollar las actividades inherentes a la conclusión de esta investigación.

De manera no menos importante a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), institución que me albergó a lo largo de esta investigación de posgrado, reconocida por sus programas de excelencia académica en las diversas áreas del conocimiento.

Al Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE), dependiente de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, con respeto y agradecimiento por proporcionarme los conocimientos, valores y habilidades, con enfoques estratégicos de valor agregado, para desarrollar diversos esquemas en el área de Negocios Internacionales, así como en el ámbito de investigación y desarrollo.

Agradezco enormemente a mi asesor de tesis, el Dr. Mario Gómez Aguirre, por su apoyo, tiempo y disposición a compartir sus conocimientos a lo largo de la elaboración de esta investigación, sin su gran ayuda no habría podido realizar de manera satisfactoria el presente trabajo. Agradezco también a los doctores Federico González Santoyo, José Carlos Rodríguez Chávez, Plinio Hernández Barriga, América Ivonne Zamora Torres y Jorge Víctor Alcaraz Vera; por su tiempo y sus acertadas opiniones y aportaciones que enriquecieron esta investigación.

Finalmente agradezco infinitamente a mi familia, a mis padres por siempre estar presentes en cada uno de mis logros e inspirarme a seguir creciendo tanto en el ámbito académico como personal, gracias por su apoyo incondicional, por sus consejos y palabras de aliento que siempre llegan en los momentos más oportunos, a mis hermanos, Ursula y Ricardo, por siempre estar conmigo y brindarme el apoyo y ayuda cuando más lo he necesitado, a Abner por su amor, paciencia y apoyo incondicional a lo largo de esta travesía de investigación y finalmente a mi hijo Abner, por ser mi nueva inspiración y por regalarme tantas sonrisas que brindan serenidad y aliento incluso en los momentos más difíciles.

ÍNDICE

Índice de ilustraciones, cuadros y tablas.....	7
Índice de siglas/abreviaturas.....	9
Glosario de conceptos.....	11
Resumen.....	13
Introducción.....	14
Capítulo I. Fundamentos de la investigación.....	16
1.1. Problema de investigación	16
1.2. Preguntas de investigación.....	19
1.2.1. Pregunta general.....	19
1.2.2. Preguntas específicas.....	19
1.3. Objetivos de la investigación.....	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2. Objetivos específicos	19
1.4. Hipótesis de investigación	20
1.4.1. Hipótesis general.....	20
1.4.2. Hipótesis específicas.....	20
1.5. Identificación de variables	20
1.5.1. Variable dependiente	20
1.5.2. Variables independientes	20
1.6. Justificación.....	21
1.7. Tipo de investigación	22
Capítulo II. Marco teórico.....	23
2.1. Teorías de crecimiento económico.....	23
2.1.1. Teoría clásica del crecimiento económico	23

2.1.2. Modelo de crecimiento de Solow	24
2.1.3. Teoría del crecimiento endógeno	25
2.1.4. Modelos de crecimiento con recursos naturales y cambio tecnológico	27
2.2. Teorías de comercio	29
2.2.1. Teoría de Heckscher-Ohlin.....	29
2.2.2. Teoría del ciclo de vida del producto	30
2.2.3. Export led-growth	31
2.2.4. Consumo de energía y comercio	33
Capítulo III. Revisión de literatura empírica	37
3.1. Export-Led Growth	37
3.2. Apertura comercial y crecimiento económico	41
3.3. Consumo de energía y crecimiento económico	43
3.4. Consumo de energía y comercio.....	45
3.5. Crecimiento económico, consumo de energía y comercio.....	45
3.6 Resultados que incluyen a México.....	46
3.6.1. Resultados export-led growth México	48
Capítulo IV. Marco Contextual.....	50
4.1. México y la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027	50
4.2. México y el consumo de energía.....	55
4.2.1. Oferta y demanda de energía para México.....	59
4.2.2. Comercio exterior de energía primaria	62
4.2.3. Consumo nacional de energía	66
Capítulo V. Modelos econométricos	74
5.1 Hipótesis	74
5.2 Datos.....	75
5.3. Instrumentos de medición	76
5.3.1. Análisis de regresión múltiple	76

5.3.2. Pruebas de raíz unitaria aplicables a series de tiempo	80
5.3.3. Análisis de cointegración	83
5.3.4. Mecanismo de corrección de errores	84
5.3.5. Metodología para estudiar las relaciones de causalidad entre variables	85
5.3.6. Prueba de causalidad de Granger	86
5.3.7. Prueba de causalidad de Toda-Yamamoto	87
Capítulo VI. Análisis de resultados	89
6.1. Preliminares.....	89
6.2. Pruebas de raíz unitaria	91
6.3. Prueba Dickey-Fuller Aumentada.....	92
6.4. Prueba de Philips-Perron.....	93
6.5 Prueba de Engle-Granger.....	94
6.6 Prueba de Johansen	95
6.7. Mecanismo de corrección de errores.....	96
6.7.1. Prueba de Ramsey (Test Reset de Ramsey)	100
6.7.2. Prueba de normalidad	100
6.7.3. Pruebas de heterocedasticidad	101
6.7.4. Prueba de correlación	102
6.7.5. Prueba de causalidad de Granger	102
6.8. Prueba de causalidad Toda-Yamamoto	104
Conclusiones.....	106
Recomendaciones.....	108
Bibliografía.....	109
Anexos	116

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES, CUADROS Y TABLAS

Ilustración 1. Evolución de la producción y el consumo nacional de energía	55
Ilustración 2. Índice de independencia energética	56
Ilustración 3. Intensidad energética nacional (KJ/\$ de PIB producido)	56
Ilustración 4. Producto interno bruto vs consumo nacional de energía	57
Ilustración 5. Consumo de energía per cápita (GJ por habitante).....	58
Ilustración 6. Ingresos del sector público (Miles de millones de pesos constantes de 2013)	59
Ilustración 7. Estructura de la producción de energía primaria, 2013 (Petajoules)	61
Ilustración 8. Oferta interna bruta por tipo de energético, 2013 (PJ)	66
Ilustración 9. Consumo nacional de energía, 2013 (PJ)	67
Ilustración 10. Eficiencia promedio en los centros de transformación.....	69
Ilustración 11. Estructura del consumo final total por tipo de energético, 2013	72
Ilustración 12. Consumo final energético por sector y energético, 2013	73
Ilustración 13 Gráficas comportamiento de series en el tiempo	89
Ilustración 14 Gráficas comportamiento de series en el tiempo (logarítmos)	90
Cuadro 1. Producción de energía primaria (PJ)	60
Cuadro 2. Comercio exterior de energía primaria (PJ).....	62
Cuadro 3. Envío de energía primaria en centros de transformación (PJ)	63
Cuadro 4. Insumos de energía primaria en centros de transformación por fuente (PJ)	64
Cuadro 5. Oferta interna bruta de energía (PJ)	65
Cuadro 6. Oferta interna bruta por tipo de energético (PJ).....	65
Cuadro 7. Consumo nacional de energía (PJ).....	67
Cuadro 8. Consumo final total de energía (PJ)	69
Cuadro 9. Consumo final total por tipo de combustible (PJ)	71
Cuadro 10 Resultados prueba ADF en niveles	92
Cuadro 11 Resultados prueba ADF en primeras diferencias	92

Cuadro 12 Resultados prueba Phillips-Perron Fisher en niveles	93
Cuadro 13 Resultados prueba Phillips-Perron en primeras diferencias	94
Cuadro 14 Resultados prueba Engle-Granger	95
Cuadro 15 Resultados prueba Johansen	95
Cuadro 16 Resultados MCE. Consumo de energía	98
Cuadro 17 Resultados MCE exportaciones per cápita	98
Cuadro 18 Resultados MCE INPC.	99
Cuadro 19 Resultados MCE PIB per cápita	99
Cuadro 20 Resultados prueba de Ramsey	100
Cuadro 21 Resultados prueba normalidad	101
Cuadro 22 Resultados prueba de Heterocedasticidad	101
Cuadro 23 Resultados prueba LM Breusch-Godfrey	102
Cuadro 24 Resultados prueba causalidad Granger	103
Cuadro 25 Resultados prueba Toda-Yamamoto	105
Tabla 1 Matriz de correlación.....	90
Anexo 1 Concentrado de datos México 1968-2013	116
Anexo 2 Identificación de variables	118
Anexo 3 Concentrado de resultados para México	122
Anexo 4 Estructura del balance nacional de energía, 2013 (PJ).....	123
Anexo 5 Balance de energía de hidrocarburos 2013, miles de barriles diarios (PJ)	124
Anexo 6 Balance de electricidad servicio público 2013, GwH	125
Anexo 7 Balance de electricidad abastecedora 2013, GwH	126
Anexo 8 Matriz de congruencia.....	127

ÍNDICE DE SIGLAS/ABREVIATURAS

ADF	Augmented Dickey-Fuller
AIE	Agencia Internacional de Energía
ARDL	Autoregressive Distributed Lag
DF	Dickey Fuller
DOLS	Mínimos Cuadrados Ordinarios Dinámicos
EE. UU.	Estados Unidos
ENE	Estrategia Nacional de Energía
FMLOS	Mínimos Cuadrados Ordinarios Modificados
GMM	Método Generalizado De Momentos
GwH	Gigawatts Hora
IED	Inversión Extranjera Directa
INPC	Índice Nacional de Precios al Consumidor
IPC	Índice de Precios al Consumidor
IPS	Im, Pesaran y Shin
KJ	Kilojoules
KwH	Kilowatts Hora
LLC	Levin, Lin, Chu
MW	Maddala-Wu
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

PIB	Producto Interno Bruto
PJ	Petajoules
PMG	Pooled Mean Group
PP	Philips-Perron
TYDL	Toda-Yamamoto y Dolado-Lutkepohl
VAR	Vector Auto Regresivo

GLOSARIO DE CONCEPTOS

Causalidad de Granger. El planteamiento de Granger analiza la relación de causalidad de forma que se dice que la variable y es causada por x , si x contribuye a la estimación de y , o de forma equivalente si los coeficientes de la variable x rezagada son significativos estadísticamente (Granger, 1969).

Comercio exterior. Es el intercambio de bienes o servicios existente entre dos o más naciones con el propósito de que cada uno pueda satisfacer sus necesidades de mercado tanto internas como externas. Está regulado por normas, tratados, acuerdos, y convenios internacionales entre los países para simplificar sus procesos y busca cubrir la demanda interna que no pueda ser atendida por la producción nacional (Comercio y aduanas, 2016)

Consumo de energía eléctrica El 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 (Banco mundial, 2016).

Crecimiento económico. Cambio cuantitativo o expansión de la economía de un país. Según los usos convencionales, el crecimiento económico se mide como el aumento porcentual del producto interno bruto (PIB) o el producto nacional bruto (PNB) en un año (Banco mundial, 2016).

Exportaciones. Las exportaciones de bienes y servicios representan el valor de todos los bienes y demás servicios de mercado prestados al resto del mundo. Incluyen el valor de las mercaderías, fletes, seguros, transporte, viajes, regalías, tarifas de licencia y otros servicios tales como los relativos a las comunicaciones, la construcción, los servicios financieros, los informativos, los empresariales, los personales y los del Gobierno. Excluyen la remuneración de los empleados y los ingresos por inversiones (anteriormente denominados servicios de los factores), como también los pagos de transferencias (Banco Mundial, 2016).

Índice nacional de precios al consumidor (INPC). Es un indicador económico que se emplea recurrentemente, cuya finalidad es la de medir a través del tiempo la variación de los precios de una canasta fija de bienes y servicios representativa del consumo de los hogares (Banxico, 2016).

Joule. Unidad derivada del Sistema Internacional utilizada para medir energía, trabajo y calor (Convertworld, 2016).

Kilovatio Hora (KWH). Es una unidad de medida de energía, que equivale a la energía desarrollada por una potencia de un kilovatio (kW) durante una hora. Se utiliza frecuentemente para la medida del consumo de energía eléctrica (Convertworld, 2016).

Petajoule (PJ). Un petajoule es igual a 10¹⁵ Joules. Es igual a 31.60 millones de m³ de gas natural. Es una unidad estándar de energía. Para electricidad 1PJ es igual a 277.78 millones de kWh. (ENE, 2013)

Producto Interno Bruto (PIB). El PIB 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 (Banco Mundial, 2016).

RESUMEN

Durante los últimos años varias economías han experimentado un gran aumento en comercio internacional, PIB y consumo de energía eléctrica, por lo que han surgido distintos trabajos académicos que investigan el efecto de un aumento de las exportaciones de distintos países en el consumo de energía eléctrica y a su vez las implicaciones de este en el crecimiento económico. Este trabajo de investigación utiliza datos anuales para México de 1968 a 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 las implicaciones políticas, como se encontró que el consumo de electricidad causa PIB en el sentido de Granger para México, 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 las políticas de promoción de comercio internacional, es de vital importancia su implementación para la economía mexicana, debido a que los resultados muestran una relación de causalidad bidireccional entre las exportaciones y el PIB. Finalmente estas políticas no afectarían el consumo de electricidad ya que no se encontró relación de causalidad alguna entre las exportaciones y el consumo de electricidad.

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 for Mexico, 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 promoting international trade, it is important their implementation due to the bidirectional causal relationship between exports and GDP. Finally those policies would not affect electricity consumption because no causal relationship was found between electricity consumption and exports.

Key words: Mexico, economic growth, exports, electricity consumption, Granger causality.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años, muchas 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 producto interno bruto (PIB) y una separada e incluso más amplia literatura que examina la relación entre las exportaciones y el PIB. Sin embargo, hay muy pocos estudios acerca de la relación entre el comercio y el consumo de energía (Sadorsky, 2011).

De esa vasta literatura que estudia tal relación de causalidad, no se ha podido llegar a una conclusión que sea aplicable para todos los países, ya que se utilizan distintos métodos de análisis, distintos periodos de tiempo, distintas variables, entre otros; por tal motivo es importante realizar un estudio de causalidad para México, ya que son pocos los estudios empíricos que lo incluyen y mucho menos aún los que estudian el caso en particular.

Es fundamental conocer el sentido de causalidad entre consumo de energía, PIB y comercio para México, ya que no se pueden aplicar las mismas políticas que han funcionado para otros países, debido a que la relación de causalidad entre las variables puede ser distinta para México y por lo tanto no tendrían el mismo efecto.

El objetivo de este trabajo es conocer la relación de causalidad que existe entre las variables de estudio, crecimiento económico, consumo de energía eléctrica y comercio para el caso de México basado en el periodo 1968-2013. La hipótesis planteada propone que existe una relación de causalidad bidireccional entre las variables ya mencionadas.

La presente investigación se encuentra dividida en seis distintos capítulos, en el capítulo I se abordan los fundamentos de la investigación que incluyen el planteamiento del problema, preguntas, objetivos, hipótesis e identificación de variables.

En el siguiente capítulo, marco teórico, se presentan las distintas teorías que aportan fundamento a este trabajo, teorías de crecimiento económico y de comercio, en el primer grupo se habla de la teoría clásica del crecimiento, del modelo de crecimiento de Solow y de la teoría del crecimiento endógeno; en cuanto a las de comercio, se encuentran la de Heckscher-Ohlin, del ciclo de vida del producto y finalmente export-led-growth.

El capítulo III, que es la revisión de literatura empírica, trata de los distintos trabajos de investigación que preceden a la presente y se encuentra dividida en seis secciones: export-led-growth, apertura comercial y crecimiento económico, consumo de energía y crecimiento económico, consumo de energía y comercio, crecimiento económico, consumo de energía y comercio, y finalmente resultados de los distintos trabajos que incluyen a México.

En el capítulo IV, marco contextual, se habla un poco del papel que tiene la energía en la economía mexicana, se retoman partes importantes de la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027, se habla también de México y el consumo de energía.

Más adelante en el capítulo V se encuentran los modelos econométricos a emplearse en esta investigación y en el capítulo VI se muestran los resultados obtenidos en las distintas pruebas aplicadas, desde las pruebas de raíz unitaria, hasta llegar a las de causalidad.

Finalmente en el capítulo VI se despliega un conjunto de conclusiones y recomendaciones a las cuales se llegó una vez que se analizaron los resultados de las pruebas econométricas.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

El problema de esta investigación radica en que no se conoce la relación entre las variables crecimiento económico, consumo de energía y comercio para el caso de la economía mexicana.

1.1.1 Planteamiento del problema

En los últimos 30 años, muchas 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 separada e incluso más amplia literatura que examina la relación entre las exportaciones y el PIB. Sin embargo, hay muy pocos estudios acerca de la relación entre el comercio y el consumo de energía.

La interacción entre el comercio internacional y el consumo de energía es una relación que ha sido poco estudiada, y específicamente no existe un análisis aún de esta relación para México, hasta ahora sólo se puede mencionar a Shahbaz *et al.*, 2014, dónde en una prueba para 91 países, México incluido, 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 en ya sea 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 incluir 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 y ambientales actuales y para desarrollar nuevas y efectivas políticas del tipo antes mencionado (Sadorsky, 2012).

1.1.2 Descripción del problema

La mayoría de los estudios se centran en ya sea 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 incluir 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.

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.

En cuanto a la relación de causalidad entre las variables consumo de energía y comercio, como se mencionaba en el apartado anterior, a la fecha incluyendo a

México solo se encuentra publicado Shahbaz *et al.* (2014), así que para esta relación aún no existe un análisis de estas variables específico para la economía mexicana.

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 podrían solucionarse.

1.2. Preguntas de investigación

1.2.1. Pregunta general

¿Cuál es la relación de causalidad entre el crecimiento económico, consumo de energía eléctrica y comercio en México durante el periodo 1968-2013?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Cuál es la relación de causalidad entre el crecimiento económico y comercio en México durante el periodo 1968-2013?
- ¿Cuál es la relación de causalidad entre el crecimiento económico y consumo de energía eléctrica en México durante el periodo 1968-2013?
- ¿Cuál es la relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y comercio en México durante el periodo 1968-2013?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Identificar cuál es la relación de causalidad entre el crecimiento económico, consumo de energía eléctrica y comercio en México durante el periodo 1968-2013.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la relación de causalidad entre el crecimiento económico y comercio en México durante el periodo 1968-2013.
- Encontrar la relación de causalidad entre el crecimiento económico y consumo de energía eléctrica en México durante el periodo 1968-2013.
- Estudiar la relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y comercio en México durante el periodo 1968-2013.

1.4. Hipótesis de investigación

1.4.1. Hipótesis general

Existe una relación de causalidad bidireccional entre el crecimiento económico, consumo de energía eléctrica y comercio en México durante el periodo 1968-2013.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Hay una relación de causalidad bidireccional entre comercio y crecimiento económico en México durante el periodo 1968-2013.
- Existe una relación de causalidad unidireccional del consumo de energía eléctrica hacia el crecimiento económico durante el periodo 1968-2013.
- La relación de causalidad entre el consumo de energía eléctrica y el comercio es bidireccional para México durante el periodo 1968-2013.

1.5. Identificación de variables

La identificación de las variables de este proyecto de investigación se realizó mediante la consulta de literatura que contiene variables similares, la información recolectada se muestra en el anexo 2.

1.5.1. Variable dependiente

- Crecimiento económico

1.5.2. Variables independientes

- Consumo de energía eléctrica
- Comercio

1.6. Justificación

Este documento servirá como fundamento para la Estrategia Nacional de Energía (ENE) 2013-2027, la cual tiene por objetivo satisfacer el abastecimiento de energía conforme a las expectativas de crecimiento económico. Menciona también que existe una estrecha correlación entre la actividad económica y la demanda energética de manera que, si bien no basta con satisfacer la energía que requieren las actividades productivas para lograr el crecimiento económico, sin ella no se podrían desarrollar muchas de éstas, al impedir que se presenten las condiciones necesarias para las actividades productivas y encarecer el precio de los otros factores de la producción.

Por otra parte, si se comprueba, por ejemplo, que no existe una relación causal entre la energía y las exportaciones, las políticas de conservación de energía no afectarán las políticas de promoción de exportaciones. Si, por otro lado, se encuentra que existe una relación causal de la energía hacia las exportaciones, entonces las políticas de conservación de la energía afectarán a las políticas comerciales. Esto pone a las políticas de promoción del comercio en desacuerdo con las políticas de conservación de la energía. Este documento ofrecerá información clave en cómo el consumo de energía, el comercio y la producción interactúan y es por lo tanto será útil para guiar políticas económicas, energéticas y ambientales para México.

En cuanto al aspecto social, si se comprueba que el consumo de electricidad causa crecimiento económico y las autoridades deciden hacer algo al respecto, lo anterior afectaría de manera negativa a la población, ya que los precios de la electricidad no podrían bajar significativamente para los bolsillos de los mexicanos.

El periodo a analizar será de 1968 al 2013 debido a la disponibilidad de datos necesarios para este estudio.

1.7. Tipo de investigación

En cuanto al alcance, en primera instancia este estudio es de carácter exploratorio, ya que hasta la fecha no existe un estudio exclusivo para el análisis de la relación de causalidad entre crecimiento económico, consumo de energía eléctrica y comercio para México.

En un segundo momento el estudio será de causalidad, ya que se evaluará la relación existente entre las variables de este estudio, además de analizar su comportamiento durante el periodo 1968-2013.

Finalmente el estudio será explicativo, debido a que se buscarán las causas de las relaciones entre las variables a analizar.

El enfoque de esta investigación será cuantitativo ya que sólo se trabajará con datos estadísticos y se procesarán utilizando el software e-views.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se habla de las distintas teorías que dan soporte a esta investigación, el capítulo se encuentra dividido en dos secciones: teorías de crecimiento económico y teorías de comercio.

2.1. Teorías de crecimiento económico

Una parte clave de esta investigación es el crecimiento económico por lo cual es importante sustentar de manera teórica esta variable, existe una basta literatura acerca de este tema, pero en este apartado sólo se habla de lo más relevante de estas teorías al presente trabajo.

2.1.1. Teoría clásica del crecimiento económico

Los economistas clásicos exploran las contribuciones de la tierra a la economía con el fin de explicar la presencia de una oferta en la agricultura, por encima de los costos de mano de obra y capital. La explicación de Adam Smith de este excedente fue directa: en la agricultura, *la naturaleza trabaja con el hombre*, mientras que en las manufacturas *la naturaleza no hace nada, el hombre lo hace todo*. Cuando los economistas clásicos hablan de la fertilidad *de la naturaleza* (Adam Smith), *las fuerzas productivas e indestructible del suelo* (David Ricardo), *los poderes naturales e inherentes del suelo* (John McCulloch), la tierra como *un taller de química maravillosa en el que muchos materiales y elementos se mezclan y se trabajan* (Jean-Baptiste Say), su lenguaje expresa una clara comprensión de la energía que la naturaleza contribuye a la economía (Díaz, 2010).

La teoría clásica incorporó estas ideas acerca de los “poderes” de la naturaleza en tres pasos. En primer lugar, los economistas clásicos dividieron su economía en dos sectores, la agricultura y la manufactura. En segundo lugar, se define la distinción de la agricultura, al reconocer que la mano de obra y capital trabajaron con la tierra, un tercer factor de producción. En tercer lugar, se suponía que la tierra a disposición era una cantidad fija, y en algunas formulaciones, su calidad fue variable. La oferta fija de tierra produjo una tendencia a la disminución de los rendimientos del capital y

mano de obra en la agricultura. La presencia de los rendimientos decrecientes (de la mano de obra y del capital) en la agricultura resume las limitaciones que la naturaleza impone a la economía (Díaz, 2010).

La definición de las funciones de trabajo y de capital es más sencilla bajo el marco de una economía basada en la energía. De hecho, sus funciones se definen en relación a la energía. Tanto el capital y la mano de obra desempeñan las mismas funciones duales de apoyo en la economía de la energía. De diferentes maneras, ellos (i) convierten los flujos de energía, y (ii) controlan, dirigen y manipulan, la energía utilizable para producir bienes y servicios. En otras palabras, el capital y la mano de obra, suministran energía y determinan la manera en que se utiliza (Daly, 1991).

2.1.2. Modelo de crecimiento de Solow

En el modelo original de crecimiento de Solow (1956), conocido como el modelo neoclásico de crecimiento, la economía tiene que llegar a un estado estacionario en el que no existe una inversión adicional (neta). El crecimiento es una fase de transición, donde un país está moviéndose hacia el estado estacionario. Una economía subdesarrollada, con un pequeño stock de capital por trabajador, puede lograr un rápido crecimiento, mientras desarrolla su stock de capital. Pero si la tasa de ahorro se mantiene constante en todas las economías se llegará a alcanzar un equilibrio de crecimiento cero.

Ningún país puede crecer a perpetuidad sólo mediante la acumulación de capital. Si la tasa de ahorro se incrementa, ocurrirá un nuevo crecimiento durante un tiempo hasta que un nuevo equilibrio se alcance, pero cuanto mayor sea la tasa de ahorro, menor será el nivel de vida actual de la población. Según esta teoría neoclásica básica del crecimiento, la única causa del continuo crecimiento económico es el progreso tecnológico. Intuitivamente, el aumento en el estado del conocimiento tecnológico eleva la tasa de rendimiento del capital, compensando así los rendimientos decrecientes de capital que de otro modo aplicaría un freno al crecimiento. Los modelos originales no explicaron cómo las mejoras en la tecnología se concretarían. Los mismos sólo asumen que dicho cambio técnico sería exógeno. Los modelos más

recientes intentan “endogeneizar” el cambio tecnológico, como el resultado de las decisiones adoptadas por las empresas y los individuos (Sala i Martin, 1999).

2.1.3. Teoría del crecimiento endógeno

Existen algunos tipos diferentes de modelos de crecimiento endógeno (Aghion y Howitt, 1998). Los primeros modelos de cambio tecnológico endógeno permitieron que el estado tecnológico responda a los cambios en una de las variables, pero no explicitaron en dicho modelo el proceso de optimización. En los modelos de “aprendizaje en la práctica” (*Learning-by-doing*) el estado de la tecnología es una función de producción acumulada. En el modelo original de Arrow (1962) la productividad de los bienes de capital mejora con el tiempo a medida que una mayor proporción de bienes son producidos en forma acumulativa. En otras versiones, la curva de aprendizaje implica aumento de la productividad en la producción de un bien como si fuera producción acumulada. En los modelos inducidos por el cambio tecnológico se aumenta la innovación, cuando el precio de un insumo se incrementa, como por ejemplo la energía.

En la segunda clase de modelos de crecimiento endógeno, la relación entre el capital y la producción se puede escribir en la forma $Y = AK$, donde A es constante y K es una combinación de capital manufacturado y conocimiento tecnológico “incorpóreo” como una forma de capital. Por lo tanto, el crecimiento económico puede continuar indefinidamente determinado por este capital que abarca una definición muy amplia, ya que la producción no está sujeta a rendimientos decrecientes. Los modelos AK de ahorro se dirigen, ya sea a la acumulación de capital manufacturado, o al aumento de los conocimientos.

Sin embargo, los modelos no explicitan las actividades de investigación y desarrollo (I+D). El conocimiento tecnológico tiene dos propiedades especiales. En primer lugar, es un bien no rival, es decir, el stock de esta forma de capital no se agota con el uso. En segundo lugar, genera externalidades positivas en la producción. Mientras que la firma que realiza I+D obtiene beneficios de los conocimientos adquiridos, hay

efectos secundarios beneficiosos (*beneficial spillovers*¹) para la economía provenientes de los procesos de I+D, de modo que los beneficios sociales de la innovación exceden a los beneficios privados del innovador original. Como algunos de los beneficios de la generación de conocimiento son externos a los productores, la tasa de crecimiento de la economía está por debajo del nivel socialmente óptimo. Sin embargo, la economía puede sostener una tasa de crecimiento constante en el que los rendimientos decrecientes del capital manufacturado son exactamente compensados por el efecto externo de creación de conocimiento (Perman y Stern, 2003).

El incentivo para dedicar recursos a la innovación resulta de la posibilidad de obtener el monopolio temporal de los beneficios de las innovaciones exitosas. Los modelos de crecimiento schumpeterianos² son una tercera clase de modelos de tecnología endógena (Aghion y Howitt, 1998) que explícitamente modelan esta estructura de incentivos. Las empresas invierten en I + D con el fin de recibir los beneficios monopólicos. Las innovaciones aparecen estocásticamente y están incorporadas en las nuevas generaciones de bienes de capital y hay una competencia imperfecta³ en la industria de bienes de capital. La tasa media de crecimiento puede ser demasiado alta o demasiado baja para maximizar el bienestar, ya que hay tanto externalidades positivas y negativas. Existen externalidades positivas para los consumidores que se benefician de la innovación y para los futuros investigadores que se benefician de las ideas del pasado. Hay externalidades negativas, debido a las nuevas innovaciones que convierten a las antiguas en obsoletas. Tanto la acumulación de capital como la innovación determinan la tasa de crecimiento en el largo plazo.

La acumulación de capital aumenta los beneficios de la actividad de innovación. Sin embargo, si hay rendimientos decrecientes en el sector de la innovación (como por ejemplo en el caso que la tecnología se convierta en más compleja para su

¹ Un efecto secundario que se sigue de un efecto primario, y puede estar muy lejos en el tiempo o el lugar del evento que causó el efecto primario, en este caso uno beneficioso.

² Para Schumpeter, la fuerza fundamental, que mueve la producción capitalista, y al sistema como un todo, la causante de sus procesos de transformación constante, en una palabra, de su desarrollo económico, es el fenómeno tecnológico y con él, el proceso de innovación tecnológica (Montoya, 2004).

³ La competencia imperfecta es aquella situación donde se tienen muchos vendedores de un producto el cual puede ser diferente por algún aspecto, de tal manera que cada cual puede ejercer una influencia sobre el precio. En los mercados de competencia imperfecta no existe el libre juego en el mercado (Ávila, 2006).

operatividad), la economía podría tener una tasa de crecimiento constante (Aghion y Howitt, 1998).

2.1.4. Modelos de crecimiento con recursos naturales y cambio tecnológico

Además de la sustitución del capital por recursos, el cambio tecnológico podría permitir el crecimiento o, al menos, el consumo constante, frente a una base de recursos finitos. El crecimiento de la productividad total de los factores hace a la sostenibilidad técnicamente más fácil de alcanzar y la sostenibilidad puede ser posible incluso con una elasticidad de sustitución menor a uno. Sin embargo, la viabilidad técnica de nuevo no implica que la sostenibilidad se producirá. Las mejoras tecnológicas implican que la producción por unidad de recursos será mayor en el futuro. Dependiendo de las preferencias para el consumo actual versus el consumo futuro, el agotamiento actual puede ser considerado más rápido. Este resultado está relacionado con el postulado Khazzoom-Brookes o “efecto rebote⁴” (Díaz, 2010).

Los estudios que examinan el papel de los recursos en los modelos de crecimiento con cambio tecnológico endógeno han sido menos generalistas en sus supuestos respecto a la investigación de los modelos con cambio tecnológico exógeno o aquellos en los cuales no asumen y, además, todavía no ofrece las condiciones necesarias para el logro de la sostenibilidad. En particular, la investigación sobre el crecimiento de los recursos no renovables, en combinación con el cambio tecnológico endógeno ha sido un tanto limitada (Smulders, 1999). Algunos modelos hacen supuestos muy específicos. Por ejemplo, Smulders y de Nooij (2003) asumen que la energía utilizable tiene una tasa de crecimiento positiva, aparte de una posible antigua reducción en el nivel de la misma. Smulders (1999) ofrece un análisis de los primeros trabajos de crecimiento endógeno y Smulders y de Nooij (2003) proporciona referencias a la literatura más reciente.

⁴ El postulado (Brookes, 1990; Khazzoom, 1980) señala que las innovaciones ahorradoras de energía pueden terminar causando un aumento en el consumo de energía, ya que una vez que se reduce el precio efectivo de los servicios energético, el dinero que se ahorra se gasta en otros bienes y servicios, los cuales requieren más energía en su producción.

La mayoría de los resultados en general son proporcionados por Aghion y Howitt (1998) quienes analizan cuatro modelos diferentes, permitiendo determinar el crecimiento sostenido. Dos de los modelos suponen a la contaminación del medio ambiente (puesto que la calidad del medio ambiente es considerada un recurso renovable) y los otros dos restantes, involucran recursos no renovables. Cada conjunto de los dos modelos incluyen esquemas que utilizan los AK y las estructuras schumpeterianas de análisis. Los modelos de recursos renovables requieren recursos que se destinen a la producción de bienes finales para reducir la contaminación, mientras que la calidad del medio ambiente es un argumento de la utilidad. En la versión AK, a largo plazo la tasa de crecimiento no puede ser positiva, a diferencia de los resultados del modelo AK sin recursos.

El modelo schumpeteriano puede permitir un crecimiento ilimitado, pero sólo bajo ciertas suposiciones acerca de los parámetros del modelo que parecen extremas para Aghion y Howitt (1998). Los modelos de recursos no renovables asumen que el recurso no renovable es esencial en la producción. El modelo AK de nuevo no puede tener una tasa de crecimiento del consumo positivo a largo plazo. El modelo de Schumpeter con recursos no renovables permite el crecimiento sin límites en el consumo bajo condiciones más débiles que en el modelo con recursos renovables. Esto podría parecer contradictorio, pero proviene del hecho de que los consumidores en este último caso sólo se preocupan por el consumo. Con recursos renovables que no afecten a la utilidad, el crecimiento continuo parece ser aún más fácil.

Tahvonen y Salo (2001) desarrollan un modelo económico con recursos energéticos renovables y no renovables, que es muy general y más realista que la temprana literatura "neoclásica" (Solow, 1974, etc.). Al igual que Stiglitz (1974) los autores tienen la intención de ver cómo el proceso de crecimiento trabajaría actualmente. Los modelos tienen costos de extracción de los combustibles fósiles y costos de producción de los recursos energéticos renovables, que se incrementan cuando los recursos más baratos son explotados en primer lugar.

El modelo también puede ocuparse de situaciones con ningún cambio tecnológico o con cambios tecnológicos exógenos y con algún grado endógeno (*learning by*

doing). Se supone que los conocimientos técnicos en la extracción aumentan proporcionalmente a la misma y que los conocimientos técnicos en la producción final son proporcionales al capital social. El desarrollo óptimo de este tipo de economía parece imitar la historia de una manera más eficaz que los modelos neoclásicos.

2.2. Teorías de comercio

En este apartado se habla de dos distintas teorías de comercio, por mencionar algunas, ya que ambas teorías son muy bastas, se abarca lo más relevante de estas hacia la presente investigación

2.2.1. Teoría de Heckscher-Ohlin

Los economistas suecos Eli Heckscher, en 1919, y Bertil Ohlin, en 1933, expusieron una explicación distinta de la ventaja comparativa. Ambos aseveraron que la ventaja comparativa es producto de las diferencias en la dotación de factores (tierra, mano de obra y capital). Distintas dotaciones de factores explican las diferencias en los costos relativos a los factores. Entre más abundante es un factor, menor es su costo. Los países exportarán aquellos bienes que hacen uso intensivo de aquellos factores localmente abundantes, e importarán bienes que hacen uso intensivo de aquellos factores localmente escasos.

Al parecer con esta teoría, un país que es intensivo en mano de obra está condenado a exportar productos intensivos en este factor, sin embargo existen ejemplos como el de Suiza o Hong Kong, países que actualmente son bastante prósperos y en donde abundan los grandes capitales, sin embargo no siempre fueron así. El desarrollo de servicios financieros en ambos, además del transporte marítimo en el segundo, fueron aspectos que hicieron que ambos países dejaran de depender de su mano de obra o su escasa tierra para desarrollarse.

En las teorías vistas hasta ahora, no se considera al comercio de servicios, la inversión extranjera y el desarrollo tecnológico como aspectos potenciadores del crecimiento de los países. La riqueza de los países era vista sólo en función del

intercambio de bienes producidos en el país de donde la persona que estudia el fenómeno es originaria.

2.2.2. Teoría del ciclo de vida del producto

Vernon (1966) propuso la teoría del ciclo de vida del producto a mediados de los años sesenta. La teoría decía que de manera aparente, las empresas pioneras en un producto creían que era mejor mantener las plantas productivas cerca del mercado y del lugar de toma de decisiones. Debido a la novedad del producto, las empresas pueden cobrar precios relativamente elevados por sus nuevos productos. La demanda inicial en otros países avanzados no justifica la producción inicial en esos países del nuevo producto, pero si requiere exportaciones del país de origen.

Con el tiempo, la demanda del nuevo producto empieza a crecer en otros países avanzados y entonces los productores extranjeros encuentran un motivo para iniciar la producción de tales bienes y de esta forma, abastecer a sus mercados nacionales. Conforme el mercado madura, el producto se vuelve más estandarizado, al ocurrir esto, las consideraciones de costos representan un papel más importante dentro del proceso competitivo y la producción se vuelve a trasladar, esta vez hacia países en vías de desarrollo. El ciclo puede repetirse conforme los países en desarrollo empiezan a adquirir una ventaja de producción sobre los países desarrollados.

Ésta es otra teoría que presenta un modelo para explicar el funcionamiento del comercio, válido principalmente para el momento en que se elaboró. Aquí la producción de bienes de reciente creación pasa del país desarrollado donde se desarrolló a otro país desarrollado y de ahí a un tercer país menos desarrollado. Muchas empresas siguen llevando a cabo las funciones de I y D en sus países de origen, pero también bastantes han recurrido a los *clusters*⁵ tecnológicos donde llevan a cabo dichas funciones, además de la producción de bienes fruto de dicho trabajo creativo. Bastantes países compiten por que las empresas de más alta

⁵ Un *cluster* es un sistema al que pertenecen empresas y ramas industriales que establecen vínculos de interdependencia funcional para el desarrollo de sus procesos productivos y para la obtención de determinados productos.

tecnología se instalen en sus parques industriales a fin de incrementar la mano de obra ocupada en esas regiones y darle mayor valor agregado a sus exportaciones.

En la actualidad los mayores flujos de inversiones viajan entre los países desarrollados, sin embargo no siempre sucede lo que la teoría del ciclo de vida del producto propone acerca de que la producción se da originalmente en los países creadores de una nueva tecnología para luego pasar a otros países desarrollados, suceden casos en que un nuevo desarrollo tecnológico es creado en el *cluster* tecnológico de una empresa norteamericana en Bruselas, Bélgica, y de inmediato se decide llevar la producción de dicha mercancía a un país en desarrollo, como China o Europa del Este, dejando sólo en los demás países en desarrollo oficinas de venta acompañadas a veces de centros de distribución.

2.2.3. Export led-growth

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.

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).

Otra preocupación es que la capacidad del sector no exportador para absorber posibles derrames de conocimiento del sector de las exportaciones depende de su capacidad de absorción. En particular, empresas orientadas internamente utilizando tecnología de producción muy atrasada y mano de obra poco calificada pueden ser incapaces de hacer un uso eficaz de difusión de conocimientos. Del mismo modo, se

puede argumentar que un cierto nivel de tecnología y el capital humano en el propio sector de las exportaciones puede ser necesario para adquirir tecnología extranjera (Edwards, 1993).

2.2.4. Consumo de energía y comercio

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 Granger⁶, 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).

⁶ El planteamiento de Granger analiza la relación de causalidad de forma que se dice que la variable y es causada por x , si x contribuye a la estimación de y , o de forma equivalente si los coeficientes de la variable x rezagada son significativos estadísticamente (Granger, 1969).

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 Sadorsky (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.

Los productos importados pueden afectar a la demanda de energía de dos maneras. En primer lugar, las importaciones son los flujos comerciales en un país y esto requiere una red de transporte de buen funcionamiento para mover mercancías. El

transporte requiere energía y se espera que los aumentos en los flujos de comercio aumenten el consumo de energía. En segundo lugar, la composición de las importaciones puede afectar el consumo de energía, especialmente si las importaciones son productos energéticos intensivos como los automóviles, los lavaplatos, aires acondicionados, etc. También es posible que el consumo de energía pueda afectar el flujo de bienes importados, especialmente si las mercancías importadas son máquinas o equipo que requiere energía para funcionar (Aisa et al, 2013).

Políticas de conservación de energía o falta de energía accesible pueden reducir la utilidad y eficiencia de bienes importados dependientes de energía por lo que es menos probable que este tipo de mercancía sea importada. También existe la posibilidad de una relación de retroalimentación entre las importaciones y la energía o la posibilidad de una relación estadísticamente significativa entre las dos variables (Sadorsky, 2012).

El desarrollo del sector energético está íntimamente ligado con el crecimiento económico y social en nuestro país, 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 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 (Irastorza y Fernández, 2010).

CAPÍTULO III. REVISIÓN DE LITERATURA EMPÍRICA

En el capítulo anterior ya se habló un poco de las teorías existentes para algunas de las variables de esta investigación, para otras variables como la relación de energía-comercio aún no existen teorías establecidas que demuestren ese vínculo, lo que sí existe en evidencia empírica, la cual es abarcada en este capítulo.

3.1. Export-Led Growth

La cuestión de si las exportaciones son un factor clave en la promoción del crecimiento en los países en desarrollo, según lo propuesto por la hipótesis *export-led growth*⁷, ha sido objeto de numerosos estudios en las últimas décadas. Estos estudios se pueden dividir en cuatro grupos. El primero incluye estudios comparativos de países, como Michaely (1977), Balassa (1978), Heller y Porter (1978), Tyler (1981), Feder (1983), Kavoussi (1984), Ram (1985), y McNab y Moore (1998). En conjunto, esta serie de estudios apoya una relación positiva entre el crecimiento de las exportaciones y el crecimiento de la producción en los países en desarrollo. Sin embargo, asumen, en lugar de demostrar, que el crecimiento de las exportaciones tiene un efecto de causalidad positivo en el crecimiento del PIB (o PNB), además ignorando así el hecho de que una correlación positiva entre estas dos variables puede ser también compatible con una causalidad corriendo del crecimiento de la producción hacia el crecimiento de las exportaciones.

Por otra parte, las estimaciones de estos estudios pueden estar sesgadas si la causalidad corre en ambas direcciones. Además, los factores específicos de cada país pueden causar diferencias en el efecto de las exportaciones sobre el crecimiento de los mismos, pero estos factores no pueden ser totalmente controlados en regresiones para estudios de comparación de países. Esto da lugar al clásico problema de variables omitidas.

⁷ Export-led-growth, esta hipótesis señala a las exportaciones como causa de crecimiento económico.

En respuesta a estas críticas, el segundo grupo de estudios investiga la relación de causalidad entre el crecimiento de las exportaciones y el crecimiento de la producción de manera individual para distintos países utilizando pruebas de causalidad de Granger o de Sims. Entre estos estudios se encuentran los de Jung y Marshall (1985), Chow (1987), Hsiao (1987), Bahmani-Oskooee et al. (1991), Dodaro (1993), y Sharma Dhakal (1994), Love (1994), y Riezman et al. (1996). En general, estos autores sugieren que el crecimiento de las exportaciones no tiene ningún efecto de causalidad sobre el crecimiento de producción en la mayoría de los países en desarrollo.

Sin embargo, no examinan si las exportaciones y el PIB están cointegradas. En concreto, la mayoría de estos estudios prueban la causalidad mediante el empleo de modelos VAR simples en las tasas de crecimiento o primeras diferencias. Es bien sabido que el uso de las primeras diferencias estacionarias (o tasas de crecimiento) evita posibles correlaciones espurias, pero este enfoque excluye la posibilidad de una relación a largo plazo o de cointegración entre el nivel de las exportaciones y el nivel de producción a priori. Por otra parte, utilizando primeras diferencias puede conducir a sesgos mal especificados si existe una relación de largo plazo o de cointegración entre los niveles de las variables (Granger, 1988). De hecho, hay algunos estudios que estiman modelos VAR utilizando logaritmos del nivel de exportaciones y del nivel del PIB.

Sin embargo, pruebas F estándar para probar la causalidad de Granger basadas en modelos VAR en niveles no son válidas si las variables subyacentes son no estacionarias y no cointegradas (Toda y Phillips 1993). A partir de estas limitaciones, el tercer grupo de estudios utiliza técnicas de cointegración para examinar la relación de largo plazo entre las exportaciones y la producción de los distintos países. Este grupo incluye, por ejemplo, Bahmani-Oskooee y Alse (1993), Van den Berg y Schmidt (1994), Ahmad y Harnhirun (1995), Al-Yousif (1997), Abu Qarn y Abu-Bader (2004), Amor y Chandra (2004), Bahmani-Oskooee y Oyolola (2007), y Bahmani-Oskooee y Economidou (2009). En su conjunto, estos estudios sugieren que

en la mayoría de los países en desarrollo existe una relación positiva a largo plazo entre las exportaciones y la producción, y que la causalidad va de las exportaciones al crecimiento o en ambas direcciones. Una limitación de estos estudios, sin embargo, es el bajo nivel de confiabilidad de las pruebas debido al tamaño de la muestra, que es considerado pequeño para series de tiempo para el análisis de países de manera individual.

Por lo tanto, el cuarto grupo de estudios emplea métodos de cointegración panel para examinar la hipótesis *export-led growth*. Las Pruebas de panel tienen mayor nivel de confiabilidad debido a la explotación de datos tanto de series de tiempo como dimensiones de sección transversal. Hasta donde es sabido, este grupo incluye sólo cuatro estudios y los resultados son diversos. Mientras Bahmani-Oskooee et al. (2005) y Reppas y Christopoulos (2005) concluyen que existe relación de causalidad unidireccional a largo plazo del PIB hacia las exportaciones; los resultados de Parida y Sahoo (2007) sugieren que el aumento de las exportaciones son causa del aumento del PIB; Jun (2007), por el contrario, encuentra soporte para efectos positivos de largo plazo yendo de las exportaciones al PIB, y viceversa. Sin embargo, estos estudios también tienen limitaciones.

Reppas y Christopoulos (2005) y Parida y Sahoo (2007) consideran sólo un pequeño número de países. Más específicamente, Reppas y Christopoulos analizan una muestra de 22 países africanos y asiáticos, mientras que la muestra de Parida y Sahoo incluye sólo cuatro países del sur de Asia. Por lo tanto, es cuestionable si los resultados son representativos para el grupo de países en desarrollo en conjunto. Otra limitación es que Parida y Sahoo (2007) y Jun (2007) utilizan estimadores dentro dimensión panel de cointegración, que, por construcción, no son capaces de captar la heterogeneidad de los coeficientes de largo plazo entre los países. Por lo tanto, estos estudios no permiten conclusiones sobre los efectos a largo plazo de las exportaciones (y por tanto la validez de la hipótesis *export-led growth*) para los distintos países. Por otra parte, los métodos utilizados en estos estudios no toman en cuenta el potencial de dependencia de corte transversal, lo que podría haber sesgado los resultados.

Además, y quizá lo más importante, Bahmani-Oskooee et al. (2005), Reppas y Christopoulos (2005), Jun (2007), y numerosos otros estudios no controlan el sesgo de simultaneidad asociado con el hecho de que las exportaciones, a través de la identidad contabilidad del ingreso nacional, son en sí mismas un componente del PIB. En concreto, el problema es que una correlación positiva puede surgir simplemente porque las exportaciones son parte del PIB (y no porque de cualquier contribución adicional que las exportaciones hacen al PIB o, a la inversa, ya que de cualquier contribución adicional que hace que el PIB a las exportaciones), y que esta simultaneidad entre las exportaciones y la producción también puede conducir a inferencias potencialmente engañosas sobre la causalidad. Por último, una característica común de estos estudios de cointegración es que examinan sólo la relación de largo plazo entre las exportaciones y la producción y por lo tanto no tienen en cuenta las posibles diferencias entre el largo plazo y los efectos a corto plazo de las exportaciones.

Dado el hecho de que la proporción de las exportaciones y el PIB en los países en desarrollo aumentó de un 10 por ciento en 1970 a alrededor del 35 por ciento en 2006, inmediatamente se hace evidente que las exportaciones han tenido un papel importante en el proceso de crecimiento de los países en desarrollo, como parte de la producción nacional exigido por los compradores extranjeros. En el análisis empírico, sin embargo, este efecto directo debe ser controlado. La razón es que la hipótesis *export-led-growth*, en su forma original, predice que las exportaciones tienen un efecto indirecto de crecimiento que va más allá del mero cambio en el volumen de exportación: un efecto sobre la producción a través de la productividad.

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).

Con lo anterior, se deduce que los efectos de la productividad de las exportaciones son ambiguos y dependen de varios factores, como el nivel de dependencia de las exportaciones primarias, el grado de capacidad de absorción, y el grado de las regulaciones empresariales y laborales. Una implicación simple pero importante de esto es que los efectos de las exportaciones sobre la producción a través de la productividad pueden diferir significativamente de un país a otro. Otra implicación de la discusión anterior es que los efectos de productividad de las exportaciones pueden diferir en el tiempo, también. Por ejemplo, en el corto plazo, las exportaciones pueden aumentar la productividad a través de la especialización según la ventaja comparativa. No obstante, si el aumento de exportaciones lleva a una expansión de sectores que no muestran externalidades positivas mientras otros sectores con externalidades positivas se contraen, la pérdida de productividad asociada hará más que compensar las ganancias de especialización estática en el largo plazo. En consecuencia, las exportaciones pueden tener efecto positivo en el corto plazo, pero negativo a largo plazo.

3.2. Apertura comercial y crecimiento económico

Los investigadores han utilizado diversas herramientas econométricas sobre diferentes medidas objetivas y subjetivas de la apertura del comercio durante las últimas décadas con el fin de determinar una relación sólida entre la apertura comercial y el crecimiento económico. El mensaje convincente de la literatura es que, efectivamente, existe una relación positiva entre la apertura comercial y el crecimiento económico. Las actuaciones fenomenales de crecimiento de los tigres asiáticos (Singapur, Taiwán, Hong Kong, Corea del Sur) a lo largo de los años y las experiencias de crecimiento recientes de las economías gigantes de la India y China han traído cambios significativos en las políticas, especialmente en el mundo en desarrollo en relación con el comercio exterior. Panagariya (2004) sostiene que los

últimos cincuenta años de experiencia ofrece un fuerte soporte para el caso del libre comercio.

Sin embargo, todavía existen varias cuestiones en la literatura actual que necesitan enfoque apropiado para manejarlos, con el fin de establecer una relación explícita entre la apertura comercial y el crecimiento económico. Sin embargo, la existencia de tales cuestiones no indica que la relación observada entre la apertura comercial y el crecimiento económico sea frágil. Fiestas (2005) ha argumentado apropiadamente que a pesar de los problemas metodológicos, no hay pruebas de que la liberalización comercial sea perjudicial para el crecimiento económico. Los beneficios asociados con las políticas orientadas hacia el exterior son muy visibles y han sido ampliamente aceptados por los investigadores y los responsables políticos.

Krueger y Berg (2003) analizan la literatura sobre la relación entre comercio y crecimiento de compresión, centrándose en; regresiones transversales por país y de panel, la industria y el nivel de investigación de la firma y casos de estudio. En su estudio, se concluye que el comercio influye en el crecimiento económico. Winters (2004) también apoya el mismo argumento al concluir que la apertura comercial aumenta el crecimiento económico, al menos en el mediano plazo. Sin embargo, existen diversas cuestiones. López (2005) examina la literatura y concluye que la investigación empírica en los datos a nivel de planta muestra que la liberalización del comercio puede mejorar la productividad y el crecimiento económico en los países en desarrollo.

Del mismo modo, recientemente, Babula y Anderson (2008) llegan a la conclusión de que existe una relación positiva probable entre el comercio internacional y el crecimiento económico. Sin embargo se muestran preocupados con la capacidad de los países en desarrollo para lograr el crecimiento de la productividad mediante el uso de la liberalización del comercio y la forma en que cuestiones de endogeneidad y medición se abordan en los estudios empíricos. Bruckner y Lederman (2012) encontraron que un aumento del uno por ciento en la apertura impacta el crecimiento económico a corto plazo y largo plazo en un 0,5 y un 0,8 por ciento por año, respectivamente.

Según Mendoza (2010), el historial de la apertura comercial y el crecimiento económico es diverso y la relación entre la apertura comercial y el crecimiento económico es condicional. Stone y Strutt (2009) sostienen que el comercio es un importante motor de crecimiento y que la infraestructura es una necesidad de comercio. De ello se desprende la importancia de que buenas políticas hacia otros sectores de la economía sean implementadas con el fin de obtener los beneficios completos de proceso de liberalización. Chang et al., (2005) documentaron que el impacto de un incremento de la apertura en el crecimiento económico será mayor si el proceso es apoyado por una mayor inversión en capital humano, mercados más profundos y con la disponibilidad de infraestructura. Cuadros et al., (2004) han considerado tanto la liberalización comercial y financiera como indicadores de la apertura. Por lo tanto, políticas adecuadas hacia la inversión extranjera directa deben ser implementadas. Parece de suma importancia centrarse en políticas complementarias con el fin de captar los beneficios de la liberalización del comercio.

En general, los resultados de literatura reciente muestran que, efectivamente, existe una relación positiva probable entre la apertura comercial y el crecimiento económico. Krueger y Berg (2003) y Babula y Anderson (2008) también han llegado a la conclusión de que la apertura comercial causa crecimiento económico.

3.3. 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) encontró 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. 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.

3.4. 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 afecta 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.

3.5. Crecimiento económico, consumo de energía y comercio

Muchos trabajos estudian la relación entre el consumo de energía (consumo total de energía), el comercio y la producción. Esbelta y Smyth (2010a) examinan la relación dinámica entre el crecimiento económico, la generación de electricidad, las exportaciones y los precios de Malasia. Los resultados de las pruebas de causalidad

de Granger muestran la existencia de una causalidad unidireccional que va desde el crecimiento económico hacia la generación de electricidad. Esbelta y Smyth (2010b) examinaron la relación causal entre la producción agregada, el consumo de electricidad, las exportaciones, el trabajo y el capital en un modelo multivariado para Malasia. Ellos encuentran que hay una causalidad bidireccional entre la producción total y el consumo de electricidad. Llegan a la conclusión de que Malasia debe adoptar la doble estrategia de aumentar la inversión en infraestructura eléctrica y fomentar las políticas de conservación de la electricidad para reducir el desperdicio innecesario de electricidad.

Narayan y Smyth (2009) encuentran a la misma conclusión para un grupo de países de Medio Oriente. De hecho, para el panel en su conjunto, se encuentran efectos de retroalimentación entre el consumo de electricidad, las exportaciones y el PIB. Sadorsky (2011) utiliza técnicas de cointegración de panel para mostrar cómo el comercio puede afectar el consumo de energía de 8 países de Medio Oriente. Él encuentra una causalidad de Granger de las exportaciones a consumo de energía, y una relación bidireccional entre las importaciones y el consumo de energía en el corto plazo. En el largo plazo, concluye que un aumento de las exportaciones y las importaciones afecta a la demanda de energía.

Teniendo en cuenta una muestra de 7 países de América del Sur, Sadorsky (2012) confirma la relación de largo plazo entre el comercio y el consumo de energía. Una consecuencia importante de estos resultados es que las políticas ambientales diseñadas para reducir el consumo de energía reducirían también el comercio.

3.6 Resultados que incluyen a México

En la literatura que abarca el estudio de la relación crecimiento económico-consumo de energía y comercio (en algunos casos) podemos encontrar algunos estudios que analizan el caso particular de la economía mexicana o como parte de un estudio de datos panel. En esta última clasificación encontramos a Lee (2005), que para un panel de 18 países en desarrollo durante el periodo 1975-2001, encontró que en México el consumo de energía causa PIB en el sentido de Granger pero no

viceversa, los métodos que utilizó fueron la prueba de raíz unitaria, la de cointegración de panel de Pedroni y mínimos cuadrados ordinarios modificados (FMOLS).

Posteriormente Mehrara (2007), utilizando también las pruebas de cointegración de panel de Pedroni y causalidad de Granger para un panel de 11 países exportadores de petróleo, para el periodo 1971-2002, concluyó que existe una relación de causalidad unidireccional del crecimiento económico hacia el consumo de energía en el corto y largo plazo para México. Dos años después Sadorsky (2009) analiza la relación entre el consumo de energía renovable e ingreso para un panel de 18 economías emergentes de 1994 al 2003, utilizando la prueba de raíz unitaria de Breitung, cointegración de panel de Pedroni, FMOLS y mínimos cuadrados ordinarios dinámicos (DOLS), encontró que en México un incremento en el ingreso real per cápita tiene un impacto positivo en el consumo de energía renovable. En el largo plazo, un incremento del 1% en PIB per cápita aumenta el consumo de energía renovable en 3.39%-3.45%.

Más recientemente Damette y Seghir (2013), quienes analizaron un panel de 12 países exportadores de petróleo incluyendo a México para el periodo 1990-2010, utilizando las pruebas FMOLS, DOLS y el indicador PMG (Pooled Mean Group); el resultado para México fue que el consumo de energía causa PIB en el corto plazo, mientras que el PIB causa consumo de energía en el largo plazo. Omri y Kahouli (2014) agregaron la variable inversión extranjera directa (IED) para un panel de 65 países de 1990 al 2011, utilizaron la prueba de raíz unitaria de Im, Pesaran y Shin (IPS), el método generalizado de momentos (GMM) y el enfoque de Arellano y Bond; concluyeron que existe una relación bidireccional de causalidad entre crecimiento económico y consumo de energía, y entre crecimiento económico e IED; también que existe una relación unidireccional de causalidad de la IED hacia el consumo de energía. En el mismo año Shahbaz et al (2014) analizaron la relación consumo de energía-crecimiento económico y añadieron la variable apertura comercial, para un panel de 91 países clasificados por su nivel de ingresos (alto, medio y bajo) para el periodo 1980-2010, utilizando varias pruebas de raíz unitaria:

IPS; Levin, Lin, Chu (LLC) y Maddala-Wu (MW); la prueba de cointegración de Johansen, causalidad de Granger y la prueba de no causalidad homogénea; concluyeron que 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.

En cuanto a publicaciones tomando a México como único país de estudio, el más destacado es el de Galindo (2005) dónde utilizando modelos VAR, la prueba de Johansen, pruebas de exogeneidad y de índice de probabilidad; para el periodo 1965-2001 encontró que existe una relación a largo plazo estable entre consumo de energía e ingresos para la demanda de todos los tipos de energía, que el consumo de energía tiene una relación positiva con ingresos y un nexo negativo con los precios relativos y finalmente que un crecimiento económico continuo generará un aumento en el consumo de energía que es difícil de compensar usando cambios en los precios.

3.6.1. Resultados export-led growth México

No existe una amplia literatura publicada que analice esta relación para el caso particular de México, sin embargo podemos referirnos a Thornton (1996) que probó la relación de causalidad entre exportaciones y crecimiento económico con datos de exportaciones reales y PIB real para el periodo 1895-1992. El método que utilizó fue considerar la relación entre cointegración y causalidad y usar pruebas de cointegración como estrategia de prueba previa a las de causalidad de Granger entre las dos variables. Los resultados de las pruebas encontraron que existió una relación de causalidad de Granger significativa y positiva que iba de las exportaciones al crecimiento económico de México en el largo plazo.

Un estudio más reciente Kónya (2004) investiga la posibilidad export-led growth and growth-driven export aplicando pruebas de causalidad de Granger entre los logaritmos de las exportaciones reales y el PIB real para veinticinco países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) incluyendo

a México, pero en su análisis establece que para México y otros países como Bélgica, Italia, Nueva Zelanda, España y Suiza; los resultados fueron tan controversiales que no pudo hacer una elección de la relación de causalidad entre exportaciones y PIB.

En la parte de anexos se puede observar la tabla que integra los distintos trabajos mencionados previamente y los resultados que obtuvieron para el caso de México.

CAPÍTULO IV. MARCO CONTEXTUAL

4.1. México y la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027

Con el propósito de dar cumplimiento al mandato legal y alcanzar los acuerdos que conjuguen una visión consensuada, la Estrategia Nacional de Energía (ENE) 2013-2027 (ENE, 2013) toma como punto de partida el papel que el sector energético debe desempeñar para apoyar al crecimiento y al desarrollo económico y social del país. A través de esta Estrategia se propicia la inclusión social de la población a los beneficios que derivan del uso de la energía, la sustentabilidad a largo plazo del sector, y la mitigación de los impactos negativos que la producción y el consumo de energéticos puedan tener sobre la salud y el medio ambiente, incluyendo la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Con base en lo anterior, la última edición de la ENE (2013) expone de manera sucinta las problemáticas de orden estratégico sobre las que se deben establecer políticas públicas que, actuando de manera coordinada, mejoren el funcionamiento del sector energético nacional.

A través de dichas políticas se pretende tener un sector más ágil, que anticipe sus acciones y pueda adaptar su oferta a las tendencias de demanda con productos de calidad y a precios competitivos. En cuanto a la demanda de energéticos, la ENE se enfoca, tanto en aquella que normalmente se requiere para el crecimiento de la economía, como en la que aún está insatisfecha o mal atendida. Lo primero reconoce el gran potencial que existe para mejorar la eficiencia energética, mientras que lo segundo pone especial atención en aquellos que, por vivir en zonas rurales (y no en las ciudades, que están mejor atendidas), no tienen acceso a la gama de energéticos, o que – por sus bajos ingresos – no pueden pagarlos. Se incluyen también a aquellos que no cuentan con la infraestructura necesaria para que dichos energéticos puedan llegar hasta los consumidores, limitándose así los beneficios que esta población recibe de la energía.

La identificación del asentamiento de la demanda permitirá ubicar la infraestructura de producción de combustibles y generación de electricidad, así como de transporte y transmisión que amplíen la cobertura de la oferta, calibren los precios y tarifas de

menor costo, y calculen los márgenes que permitan la reinversión en la expansión de los servicios. Asimismo, permitirá identificar las localidades y grupos para quienes se justifique el otorgamiento de apoyos económicos, y establecer los programas de ayuda en su beneficio, para de ese modo mejorar los estándares de vida de la mayor parte de la población.

Otro aspecto clave en la ENE (2013) es promocionar la eficiencia energética, tanto en el consumo, como en los procesos de producción de energía. El uso de las mejores prácticas y tecnologías permitirá reducir el consumo energético del país sin impactar su crecimiento, esto sin perder de vista que obtener tales ahorros requiere de esfuerzos a largo plazo. La mejora en la eficiencia energética aumenta la productividad de la economía, promueve nuevos mercados y reduce la presión sobre nuestros sistemas energéticos.

Las líneas de acción para disminuir las deficiencias operativas y minimizar los cuellos de botella que entorpecen (o eventualmente pudieran hacerlo) el funcionamiento sistémico del sector energético, se definirán a través de diversas políticas públicas. Entre estas últimas se encuentran: adecuación de las regulaciones, inversiones, capacidades, conocimientos, tecnologías, y demás elementos que, de manera concertada, balanceen una mejor sincronización entre los requerimientos energéticos eficientes del país y el óptimo aprovechamiento de los recursos energéticos de los que se dispone. Este documento incluye detalles y/o explicaciones que complementan los alcances de cada objetivo estratégico y las líneas de acción e índices de medición de la evolución de la Estrategia.

Por último, enfrentar los retos ambientales del uso y generación de la energía es un elemento central de la Estrategia, no sólo por la importancia de evitar y reducir los impactos y riesgos ambientales a la población y los ecosistemas, sino también para impulsar el crecimiento de la economía, mejorar el bienestar y la competitividad. Reducir la huella ambiental de la energía puede contribuir significativamente a eliminar las pérdidas económicas relacionadas con el daño al medio ambiente. El establecer medidas para acelerar la transición energética hacia fuentes no fósiles, particularmente renovables, aumenta la seguridad energética, permite aprovechar

otros recursos naturales abundantes en el país, prepara al país ante un escenario de regulación climática internacional y contribuye a la generación de empleo. De no enfrentar los problemas ambientales asociados a la energía se impactará de forma negativa tanto el bienestar, como la capacidad de desarrollo; mientras que una ambiciosa agenda energética con un importante componente ambiental, representa la oportunidad de sentar las bases para un sólido crecimiento.

Restan aún importantes retos por resolver en el sector, además de aquellos que se agregan por la actividad económica que se espera tenga el país en los próximos años. De 2000 a 2011, el consumo de energía en el país creció a un promedio anual de 2.08%, tasa superior a la que presentó el PIB cuyo crecimiento anual fue de 1.82%. Por su parte, la producción de energía primaria disminuyó a una tasa anual de 0.3%. De continuar estas tendencias, tanto en consumo como en producción de energía, para el 2020 México se convertiría en un país estructuralmente deficitario en energía.

Es importante mencionar que el consumo de electricidad muestra una tasa de crecimiento superior al consumo de energía, y por tanto, al PIB. Si bien actualmente se cuenta con una capacidad de generación suficiente para abastecer la demanda, esto se logró invirtiendo fuertemente en plantas de “ciclos combinados” con base en gas natural, combustible con el cual actualmente se genera cerca del 50% de la electricidad del país. Esta tendencia se debe, en parte, a la reducción en los precios del gas natural en los últimos años en EE.UU y a la mayor eficiencia de estas plantas con respecto a las que emplean derivados del petróleo. De continuar, esta tendencia llevará a una mayor demanda de gas natural, combustible que cada vez se importa más ya que las inversiones del país en hidrocarburos se enfocan prioritariamente en la extracción de petróleo (mismas que ofrecen márgenes de rentabilidad más altos en comparación con aquellas en gas natural). Es importante señalar que actualmente existe el mandato legal de generar el 35% de la electricidad a partir de energías no fósiles en 2024.

La última medida de política se refiere a la transición energética. Como parte de los esfuerzos para promover la eficiencia y la sustentabilidad energética y reducir la dependencia de los hidrocarburos como fuente primaria de energía, México ha

aumentado sus esfuerzos para impulsar el aprovechamiento de fuentes de energía renovable y tecnologías limpias para generar electricidad. Desde los años ochenta, en México se ha ido consolidando una estructura eléctrica en la que el consumo de productos refinados se encuentra en proceso de sustitución por gas natural.

Adicionalmente, se cuenta con una meta legal para incrementar el porcentaje de energías no fósiles en el portafolio de fuentes primarias de energía para la generación de electricidad en por lo menos 35% al 2024. Igualmente, existe una tendencia global, apoyada por el desarrollo de las energías renovables, la cogeneración in situ y el desarrollo de infraestructura de comunicación e informática que está llevando a que los sistemas eléctricos integren capacidades de generación distribuida en pequeñas capacidades pero en una gran cantidad de puntos, lo cual es un fenómeno que está modificando la forma en la que se diseñan y operan las redes eléctricas y los sistemas eléctricos. Esto obliga a considerar un portafolio amplio y competitivo de proyectos así como medidas audaces para alcanzar esta meta legal, lo que incluye tanto la eliminación de barreras y promoción de la energía renovable, así como la consideración de otras tecnologías no fósiles como la energía nuclear. Esta última representa una opción factible para cumplir con los compromisos de incrementar los porcentajes mencionados. Este tipo de procesos de transición energética no son exclusivos del sector eléctrico, pero es ahí en donde se manifiestan de manera significativa los retos que tendrá que enfrentar el sector energético.

El uso y suministro de energía son esenciales para las actividades productivas de cualquier sociedad; su escasez derivaría en un obstáculo para el desarrollo de la economía. Por ello, es imperativo que el sector sea capaz de satisfacer las necesidades energéticas, identificando de manera anticipada los requerimientos asociados al crecimiento económico y promoviendo el uso eficiente de la energía.

Los requerimientos de energía forman parte de la combinación óptima de los factores de producción, de tal manera que el PIB puede definirse como una función de capital, trabajo, tierra, materias primas, conocimientos y energía. En este sentido, existe una estrecha correlación entre la actividad económica y la demanda energética de manera que, si bien no basta con satisfacer la energía que requieren las actividades

productivas para lograr el crecimiento económico, sin ella no se podrían desarrollar muchas de éstas, al impedir que se presenten las condiciones necesarias para las actividades productivas y encarecer el precio de los otros factores de la producción.

México ha mantenido tasas de crecimiento constantes en términos reales en los últimos años; no obstante, no se han logrado las metas esperadas para poder cubrir todas las necesidades que el país necesita. Por ello, si se busca que el PIB crezca a una tasa superior a la que actualmente lo hace, habrá que contar con un suministro de energía vasto, capaz de continuar satisfaciendo los requerimientos ya existentes, y suficiente para desarrollar nuevos mercados y generar polos de desarrollo, de manera que no se frene el crecimiento. Por otro lado, la energía juega un papel importante dentro de la generación de empleo. Un suministro estable de energía hace posible construir y operar las fábricas, empresas y ciudades que ofrecen bienes, trabajos y hogares. Asimismo, la industria de la energía tiene un efecto multiplicador en el ámbito laboral; por cada empleo directo creado en las industrias del petróleo, gas natural y electricidad, se crean puestos de trabajo indirectos e inducidos.

Para lograr lo anterior y abastecer la demanda de energía, se requiere de inversiones y políticas de promoción que permitan que la energía sirva como un instrumento para la economía. Estas medidas se pueden clasificar en dos tipos: medidas para aumentar la oferta de energía y medidas para incrementar la eficiencia en el consumo de energía. Con ello, será posible alcanzar un equilibrio energético e impedir que nuestro país se encuentre en una situación de déficit energético, la cual se vislumbra si las condiciones actuales persisten.

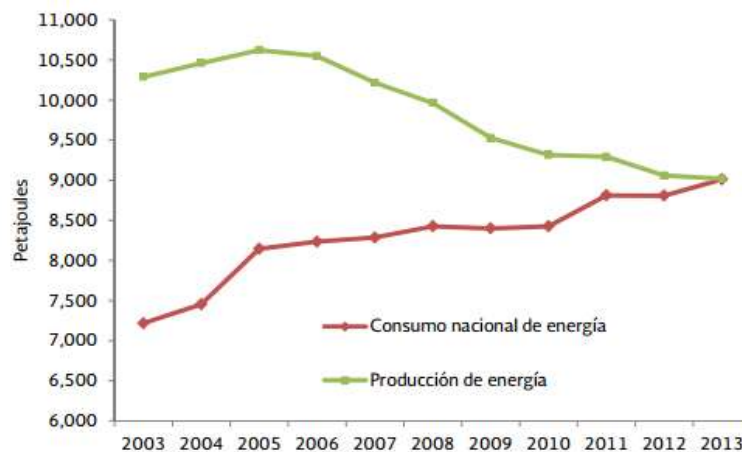
4.2. México y el consumo de energía

La energía es una condición necesaria para el crecimiento de la economía, indispensable en la elaboración y uso de casi todos los bienes y servicios del mundo moderno. Muestra de lo anterior es la importancia de los productos del sector energético para el desarrollo de centros de trabajo y su contribución, directa e indirecta, a la generación de empleo y el crecimiento del PIB. Es importante señalar que en México, el sector energético representa casi el 8% del PIB.

Independencia energética

En el transcurso de 2013, el consumo nacional de energía alcanzó, por primera vez en México, el nivel de la producción de energía. Esto derivado del doble efecto de una disminución promedio anual de 0.4% de la producción desde 2005 y un crecimiento de 2.3% del consumo, durante el mismo periodo (Ilustración 1).

ILUSTRACIÓN 1. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y EL CONSUMO NACIONAL DE ENERGÍA

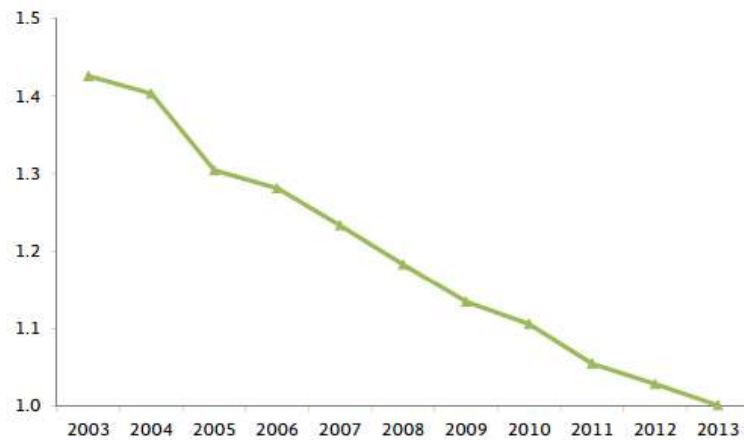


Fuente: Sistema de Información Energética, SENER 2013.

El índice de independencia energética, que muestra la relación entre la producción y el consumo nacional de energía, fue equivalente a 1.0 (Ilustración 2). Es decir se produjo la misma cantidad de energía que la que se puso a disposición de las diversas actividades de consumo en el territorio nacional. Este índice es utilizado a nivel internacional para medir, de forma general, el grado en que un país puede cubrir su consumo de energía derivado de su producción. A partir de 2005, año en que se

observa el inicio de la caída de la producción, este indicador ha disminuido a una tasa promedio anual de 3.7%.

ILUSTRACIÓN 2. ÍNDICE DE INDEPENDENCIA ENERGÉTICA



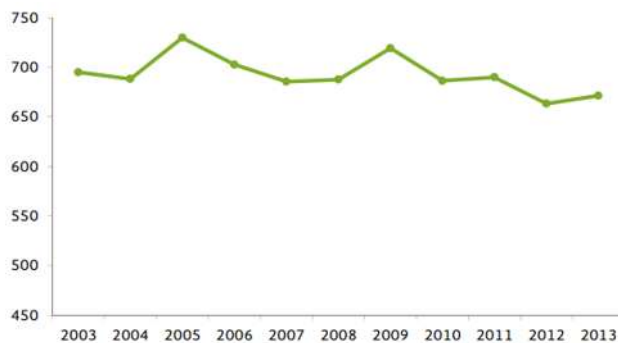
Fuente: Sistema de Información Energética, SENER 2013.

Intensidad energética

En 2013 la intensidad energética, es decir, la cantidad de energía requerida para producir un peso de PIB, fue de 671.26 kilojoules (kJ). Esto implicó un crecimiento de 1.2% respecto a 2012 (Ilustración 3).

De 2012 a 2013, el PIB creció 1.1%, mientras que el consumo nacional de energía creció 2.3%. Tal comportamiento generó la variación observada en el indicador de intensidad energética.

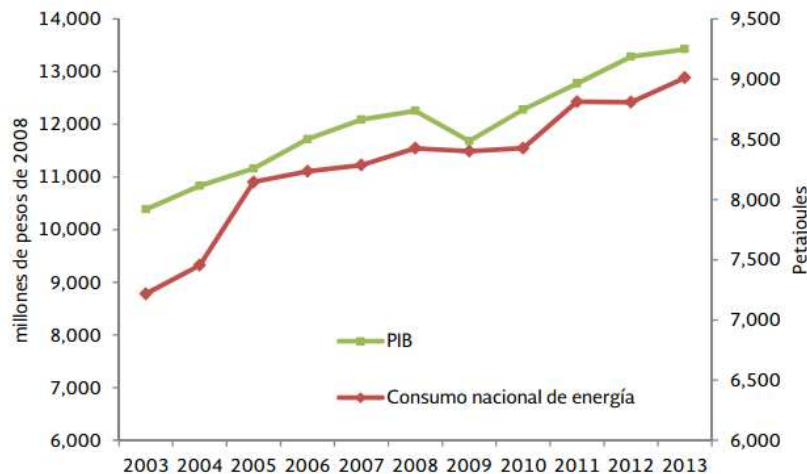
ILUSTRACIÓN 3. INTENSIDAD ENERGÉTICA NACIONAL (KJ/\$ DE PIB PRODUCIDO)



Fuente: Balance Nacional de Energía 2013, SENER.

El consumo de energía está estrechamente ligado a la actividad económica del país, durante el periodo 2003 a 2013, el coeficiente de correlación lineal entre el PIB y el consumo nacional de energía fue 0.9. Esto representa que con una variación de 1.0% en el PIB, habrá un cambio de 0.9% en el consumo de energía. No obstante, la relación no siempre se mantiene cuando el PIB disminuye, debido a que durante la desaceleración de la economía, las centrales eléctricas y muchas de las plantas de producción industrial necesitan permanecer encendidas, situación que impide que el consumo energético disminuya a la par de la actividad económica. En la ilustración 4 se presenta de forma independiente el comportamiento histórico del PIB y del consumo nacional de energía.

ILUSTRACIÓN 4. PRODUCTO INTERNO BRUTO VS CONSUMO NACIONAL DE ENERGÍA

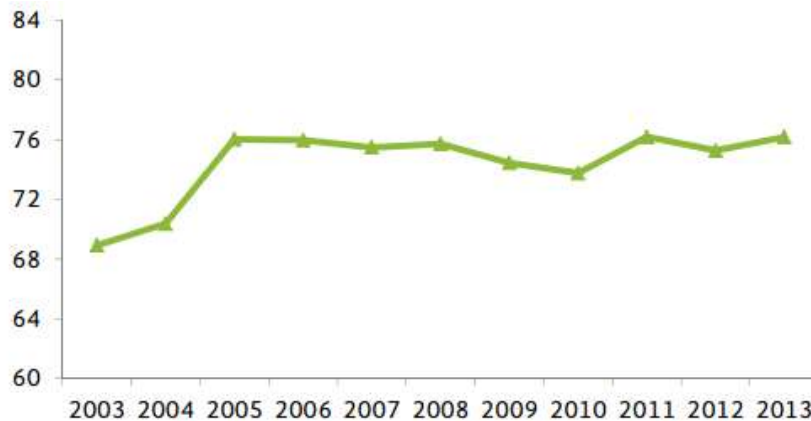


Fuente: Balance Nacional de Energía 2013, SENER.

Consumo de energía per cápita

El consumo de energía per cápita fue 76.12 GJ14 en 2013, 1.1% mayor que en 2012. Mientras que la población mexicana creció 1.1% entre 2012 y 2013, al pasar de 117.05 a 118.40 millones de habitantes, el consumo nacional de energía lo hizo a un ritmo de 2.3%. En los últimos diez años, el consumo de energía per cápita creció 1.6% en promedio cada año (Ilustración 5).

ILUSTRACIÓN 5. CONSUMO DE ENERGÍA PER CÁPITA (GJ POR HABITANTE)



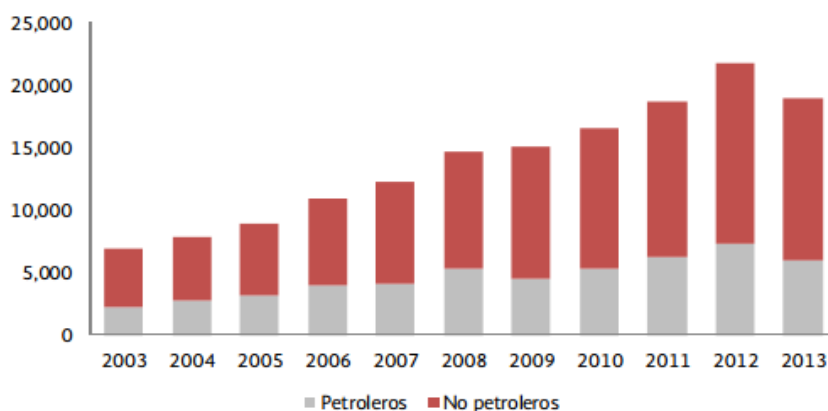
Fuente: Balance Nacional de Energía 2013, SENER.

Por otra parte, el consumo de electricidad per cápita, disminuyó 0.6% respecto al año anterior, al ubicarse en 1,986.22 kilowatts hora (KWh). Esto fue resultado de un incremento menor del consumo de electricidad (0.6%) que el de la población nacional (1.1%).

Ingresos del sector público

En 2013 los ingresos del sector público provenientes de las actividades petroleras totalizaron 5,997.2 miles de millones de pesos, cifra 18.3% menor que la registrada en 2012 (Figura 12). Con ello, la participación en los ingresos presupuestarios fue del 31.7%, lo que implicó un decremento de 6.0 puntos porcentuales respecto a 2012. Lo anterior se debió, en gran medida, a que el precio de la mezcla mexicana de exportación de petróleo decreció 3.3% respecto a 2012, al ubicarse en 98.46 dólares por barril en promedio.

ILUSTRACIÓN 6. INGRESOS DEL SECTOR PÚBLICO (MILES DE MILLONES DE PESOS CONSTANTES DE 2013)



Fuente: Unidad de Planeación Económica de la SHCP, 2013.

4.2.1. Oferta y demanda de energía para México

Producción de energía primaria

En 2013, la producción nacional de energía primaria totalizó 9,020.21 petajoules (PJ), menor 0.4%, con respecto a 2012 (Cuadro 1 e ilustración 7).

La producción de petróleo, principal energético primario, disminuyó 2.0% respecto a 2012, asociado principalmente a la menor producción del principal campo del Activo Cantarell, que se encuentra en declinación. Este comportamiento no fue compensado con la mayor producción de los activos Ku-MaloobZaap y Abkatún-Pol-Chuc. Al cierre de 2013, se alcanzó una tasa de restitución de reservas 1P17 de 67.8%, lo cual implica una caída de 35.0%, en comparación a 2012. La producción del Activo Integral Ku-Maloob-Zaap representó 34.2% del total nacional y aumentó 1.0% en 2013 respecto a 2012. Mientras que la producción del Activo Integral Cantarell fue equivalente a 17.4% del total, con una caída de 3.2% respecto al año anterior.

En lo que respecta a la producción por tipo de petróleo, la de pesado aportó 54.1%, con una caída de 1.4% comparado con 2012. La producción de petróleo ligero observó un incremento de 1.6%, aumentando su participación en 0.85 puntos porcentuales, al pasar de 32.7% en 2012 a 33.6% del total en 2013. Mientras que la

producción de petróleo súper ligero disminuyó 5.7% en relación al año anterior, aportando 12.3% de la producción total.

CUADRO 1. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA (PJ)

	2012	2013	Variación porcentual (%) 2013/2012	Estructura porcentual (%) 2013
Total	9,059.05	9,020.21	-0.43	100
Carbón	310.81	316.27	1.76	3.51
Hidrocarburos	8,035.66	7,945.54	-1.12	88.09
Petróleo	5,918.86	5,798.74	-2.03	64.29
Condensados	87.69	101.20	15.40	1.12
Gas natural	2,029.11	2,045.61	0.81	22.68
Nucleoenergía	91.32	122.60	34.26	1.36
Renovables ¹	621.27	635.80	2.34	7.05
Hidroenergía	114.69	100.66	-12.23	1.12
Geoenergía	133.14	131.33	-1.36	1.46
Solar	6.67	7.52	12.75	0.08
Energía eólica	13.12	15.07	14.84	0.17
Biogas	1.82	1.97	8.13	0.02
Biomasa	351.82	379.26	7.80	4.20
Bagazo de caña	95.08	123.83	30.24	1.37
Leña	256.74	255.42	-0.51	2.83

Fuente: Sistema de información energética, SENER, 2013.

1) Incluye grandes hidroeléctricas.

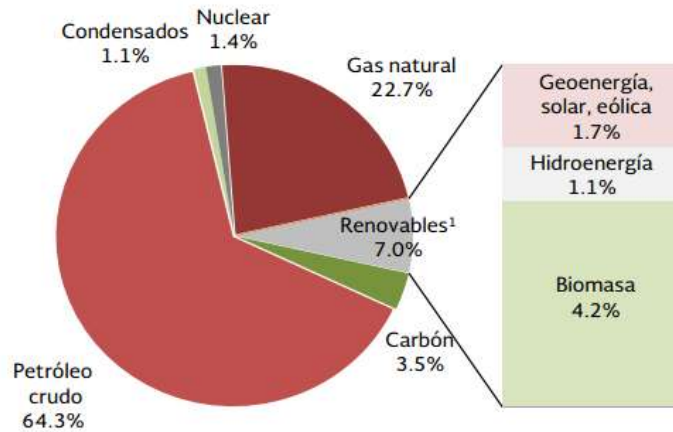
En cuanto a la producción bruta de gas natural, se observó un incremento de 0.8%, debido a una mayor producción en los activos Ku-Maloob-Zaap (22.9%) y Abkatún-Pol-Chuc (10.7%), a pesar de una menor producción en la Región Sur. Destacan las disminuciones de Veracruz y Samaria-Luna. En 2013 el gas enviado a la atmósfera disminuyó 3.3% y el aprovechamiento del gas natural se mantuvo en 98.0%.

En cuanto a la producción de carbón mineral, durante 2013 totalizó 316.27 PJ, 1.8% mayor respecto a 2012. El carbón no coquizable, representó 89.3% de la producción total y fue 0.9% mayor que el del año anterior. Por su parte, la producción de carbón coquizable fue el 10.7% del total y aumentó un 6.8% con respecto a 2012.

La producción de energía nuclear aumentó 34.3%, para pasar de 91.32 PJ en 2012 a 122.60 PJ en 2013. Este aumento se debe a la regularización de las operaciones en la central nucleoelectrica Laguna Verde. Por otro lado, la generación de las hidroeléctricas disminuyó 12.2% debido a un menor factor de planta observado en

diversas centrales. La geoenergía totalizó 131.33 PJ durante 2013. Dicha producción presentó una disminución de 1.4% respecto a 2012 producto de retiros de centrales que alcanzaron su vida útil.

ILUSTRACIÓN 7. ESTRUCTURA DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA, 2013 (PETAJULES)



Fuente: Sistema de información energética, SENER, 2013.

En lo que se refiere a la energía eólica, durante el 2013 incrementó el 14.8% respecto a 2012, pasando de 13.12 PJ a 15.07 PJ. Lo anterior se debió a que las centrales Oaxaca I, II, III, IV y La Venta III entraron en operación normal y aportaron 5.85 PJ. Adicionalmente, los autogeneradores de electricidad aportaron 8.54 PJ de energía eólica y las centrales eléctricas públicas aportaron 0.68 PJ. En lo que respecta a la producción de energía solar, esta aumentó un 12.7% respecto a 2012. Esto último fue resultado de un incremento de 11.2% en el área total instalada de calentadores solares y de 28.6% en la capacidad total instalada en módulos fotovoltaicos. Lo anterior aunado a la incipiente participación de las centrales eléctricas públicas y de autogeneración, las cuales aportaron 0.9% al total de la producción de este tipo de energía.

La producción de biogás, mostró un incremento de 8.1%, pasando de 1.82 PJ en 2012 a 1.97 PJ en 2013. Por su parte, la biomasa, que se integra por bagazo de caña (32.7%) y leña (67.3%) pasó de 351.82 PJ en 2012 a 379.26 PJ en 2013.

4.2.2. Comercio exterior de energía primaria

En 2013, el saldo neto de la balanza comercial de energía primaria totalizó 2,746.03 PJ (Cuadro 2), 7.3% por debajo de lo observado en 2012. Las exportaciones de petróleo totalizaron 2,736.95 PJ en 2013, 7.1% menos que en 2012. Dichas exportaciones representaron el 47.2% de la producción de petróleo; el resto se destinó a las refinerías.

Durante 2013 el precio promedio de la mezcla mexicana de exportación se ubicó en 98.46 dólares por barril, 3.3% por debajo de 2012. Por tipo de petróleo las exportaciones corresponden a 83.0% a petróleo Maya23, 8.6% a Itsmo y 8.3% a Olmeca. Destacó el aumento de 2.6 puntos porcentuales en la participación de las exportaciones de petróleo Maya. En cuanto al destino de las exportaciones de petróleo, 73.8% se envió a EE.UU, 15.1% a España, 6.9% a India, 2.1% a Canadá y el 2.1% restante a otros países. En tanto, las importaciones de carbón mineral sumaron 216.97 PJ, 0.8% mayor que el año previo. Del total de carbón importado en 2013, 48.5% provino de Australia, 41.5% de EE.UU, 3.8% de Sudáfrica y el 6.2% restante de otros países.

CUADRO 2. COMERCIO EXTERIOR DE ENERGÍA PRIMARIA (PJ)

	2012	2013	Variación porcentual (%) 2013/2012
Exportaciones totales	2,962.47	2,746.03	-7.31
Carbón	6.35	0.14	-97.83
Petróleo	2,946.21	2,736.95	-7.10
Condensados	9.91	8.95	-9.72
Importaciones totales	215.31	216.97	0.77
Carbón	215.31	216.97	0.77
Saldo neto total	2,747.16	2,529.06	-7.94
Carbón	-208.96	-216.83	3.76
Petróleo	2,946.21	2,736.95	-7.10
Condensados	9.91	8.95	-9.72

Fuente: Sistema de información energética, SENER, 2013.

Energía primaria a transformación

En 2013, la energía primaria enviada a centros de transformación sumó 5,666.24 PJ, 1.4% mayor que en 2012, dicho incremento, en términos energéticos, representó 76.3 PJ más que en 2012 (Cuadro 3). Los centros de transformación a los cuales se envió la mayor cantidad de energía fueron las refinerías y despuntadoras (50.0%), en donde se procesa principalmente petróleo crudo. En 2013, se observó también un aumento de 0.6% en el envío de energía a estas plantas con respecto al año anterior.

Las plantas de gas y fraccionadoras, instalaciones que procesan principalmente gas natural, recibieron el 34.9% de la energía primaria que se envió a transformación en 2013. Estos centros procesadores recibieron 3.0% más energía que en 2012. Las centrales eléctricas recibieron 691.87 PJ, lo que representó 12.2% de la energía primaria enviada a transformación. Por su parte, las centrales de autogeneración participaron con 1.3% y las de los productores independientes de energía con un 0.1%. En el Cuadro 4 se observa la energía primaria enviada a los centros de transformación por tipo de fuente. Los principales energéticos primarios enviados a transformación fueron el petróleo (49.9%) y el gas natural (33.4%).

CUADRO 3. ENVÍO DE ENERGÍA PRIMARIA EN CENTROS DE TRANSFORMACIÓN (PJ)

	2012	2013	Variación porcentual (%) 2013/2012	Estructura porcentual (%) 2013
Total	5,589.89	5,666.24	1.37	100
Coquizadoras y hornos	81.10	83.77	3.29	1.48
Refinerías y despuntadoras	2,816.55	2,833.13	0.59	50.00
Plantas de gas y fraccionadoras	1,919.57	1,977.09	3.00	34.89
Centrales eléctricas	702.02	691.87	-1.44	12.21
Centrales eléctricas PIE	5.60	5.85	4.38	0.10
Centrales eléctricas autogeneración	65.05	74.53	14.56	1.32

Fuente: Sistema de información energética, SENER, 2013.

CUADRO 4. INSUMOS DE ENERGÍA PRIMARIA EN CENTROS DE TRANSFORMACIÓN POR FUENTE (PJ)

	2012	2013	Variación porcentual (%) 2013/2012	Estructura porcentual (%) 2013
Total	5,589.89	5,666.24	1.37	100
Carbón	446.55	423.72	-5.11	7.48
Petróleo	2,813.23	2,825.89	0.45	49.87
Condensados	74.55	92.16	23.62	1.63
Gas natural	1,848.33	1,892.16	2.37	33.39
Nucleoenergía	91.32	122.60	34.26	2.16
Hidroenergía	114.69	100.66	-12.23	1.78
Geoenergía	133.14	131.33	-1.36	2.32
Energía eólica	13.12	15.07	14.84	0.27
Bagazo de caña	52.88	60.30	14.02	1.06
Biogas	1.82	1.97	8.13	0.03
Solar	0.25	0.38	53.02	0.01

Fuente: Sistema de información energética, SENER, 2013.

Oferta interna bruta de energía

En 2013, la oferta interna bruta de energía totalizó 9,011.83 PJ, con un aumento de 2.3% respecto al año anterior (Cuadro 5). La oferta proveniente de otras fuentes representó 8.6% del total, 0.2 puntos porcentuales menor que en 2012. Este flujo de energía se refiere a gas residual de plantas de gas, el cual sumó 502.64 PJ, y a gas de formación empleado en las actividades de producción de petróleo y gas natural, que alcanzó 269.74 PJ.

En 2013 se importaron 2,452.93 PJ; es decir, 27.2% de la energía disponible en el país se cubrió con energéticos provenientes del exterior. Tal volumen de energía fue 0.1% mayor respecto a 2012. Las exportaciones de energía totalizaron 3,153.78 PJ. En relación con la oferta interna bruta, la cantidad de energía enviada al exterior representó 35.0%, mientras que comparada con la producción, ésta fue de 34.9%. En general, las exportaciones de energía disminuyeron 4.6% respecto a 2012.

CUADRO 5. OFERTA INTERNA BRUTA DE ENERGÍA (PJ)

	2012	2013	Variación porcentual (%) 2013/2012
Total	8,809.36	9,011.83	2.30
Producción	9,059.05	9,020.21	-0.43
De otras fuentes	772.08	772.38	0.04
Importación	2,449.62	2,452.93	0.14
Variación de inventarios	-110.57	-25.09	-77.31
No aprovechada	-54.48	-54.83	0.64
Exportaciones	-3,306.35	-3,153.78	-4.61

Fuente: Sistema de información energética, SENER, 2013.

Por tipo de energético, la oferta interna bruta de hidrocarburos representó 85.6% del total. Durante 2013, los hidrocarburos ganaron 2.0 puntos porcentuales en su participación. El petróleo y los petrolíferos aportaron 43.0% de la oferta total, seguido del gas natural y condensados, con 42.5% (Cuadro 6 e ilustración 8) El carbón mineral y el coque de carbón aportaron 6.2% de la oferta interna bruta de energía, lo que representó 560.85 PJ. Dicha participación aumentó 1.2 puntos porcentuales con respecto al año anterior.

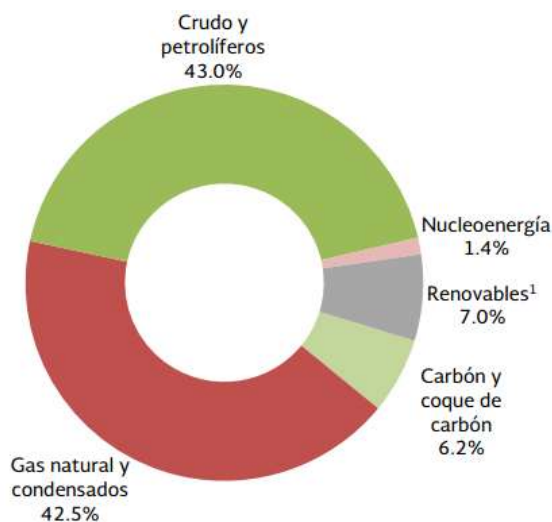
CUADRO 6. OFERTA INTERNA BRUTA POR TIPO DE ENERGÉTICO (PJ)

	2012	2013	Variación porcentual (%) 2013/2012	Estructura porcentual (%) 2013
Total	8,809.36	9,011.83	2.30	100
Carbón y coque de carbón	554.26	560.85	1.19	6.22
Gas natural y condensados	3,626.06	3,834.28	5.74	42.55
Crudo y petrolíferos	3,932.76	3,880.19	-1.34	43.06
Nucleoenergía	91.32	122.60	34.26	1.36
Renovables ¹	620.22	634.44	2.29	7.04
Comercio neto de electricidad	-15.26	-20.54	34.57	-0.23

Fuente: Sistema de información energética, SENER, 2013.

1) Incluye grandes hidroeléctricas.

ILUSTRACIÓN 8. OFERTA INTERNA BRUTA POR TIPO DE ENERGÉTICO, 2013 (PJ)



Fuente: Balance Nacional de Energía 2013, SENER.

1) Incluye grandes hidroeléctricas.

La oferta interna bruta de energías renovables totalizó 634.44 PJ en 2013, cifra 2.29% por arriba de los valores observados en 2012 representando en conjunto el 7.04% del total. Los tipos de energía renovable que incrementaron su oferta interna bruta respecto a 2012 fueron la eólica (14.84%), bagazo de caña (30.2%), solar (12.7%), y biogás (8.2%); mientras tanto la hidroeléctrica, geotérmica, y leña disminuyeron en 12.2%, 1.4% y 0.5% respectivamente. La oferta interna bruta de nucleoenergía registró una participación de 1.4%, ganando 0.3 puntos porcentuales respecto a 2012.

4.2.3. Consumo nacional de energía

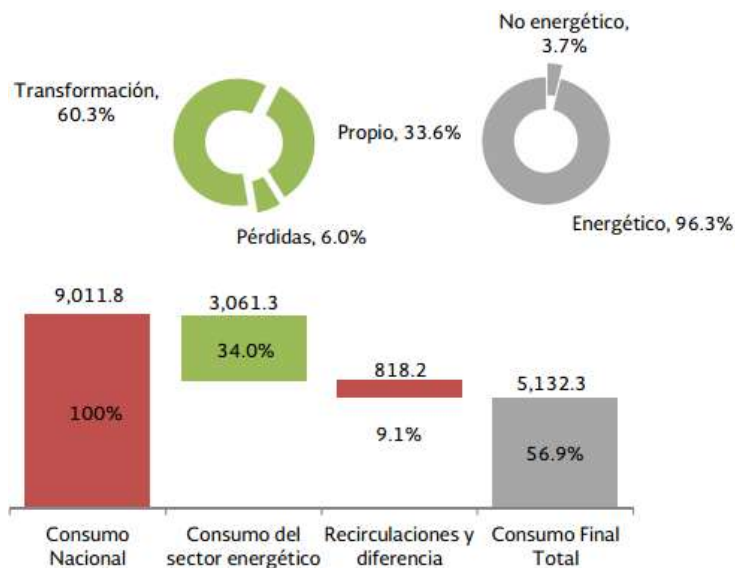
En 2013, el consumo nacional de energía aumentó 2.3% respecto al año anterior, al totalizar 9,011.83 PJ (Cuadro 7). Este flujo es el agregado de la energía que se envía a las distintas actividades o procesos para su utilización y principalmente comprende dos divisiones: consumo del sector energético y consumo final total (Ilustración 9).

CUADRO 7. CONSUMO NACIONAL DE ENERGÍA (PJ)

	2012	2013	Variación porcentual (%) 2013/2012	Estructura porcentual (%) 2013
Consumo nacional	8,809.36	9,011.83	2.30	100
Consumo sector energético	2,980.54	3,061.34	2.71	33.97
Consumo transformación	1,820.39	1,847.05	1.46	20.50
Consumo propio	972.96	1,029.33	5.79	11.42
Pérdidas por distribución	187.18	184.97	-1.18	2.05
Consumo final total	5,100.35	5,132.32	0.63	56.95
Consumo no energético	200.05	190.91	-4.57	2.12
Consumo energético	4,900.30	4,941.41	0.84	54.83
Recirculaciones y Dif. Est.	728.48	818.16	12.31	9.08

Fuente: Sistema de información energética, SENER, 2013.

Ilustración 9. Consumo nacional de energía, 2013 (PJ)



Fuente: Balance Nacional de Energía 2013, SENER.

Consumo del sector energético

En las actividades propias del sector energético se empleó 34.0% del consumo nacional, 2.7 puntos porcentuales por encima de lo observado durante 2012. Este consumo se integra por la energía requerida en la transformación (60.3%); es decir, aquella utilizada en los procesos para obtener energía secundaria a partir de primaria.

También considera el consumo propio (33.6%), que es el que absorben los equipos que dan soporte o seguridad a los procesos de transformación. Por último, se suman las pérdidas por transmisión, transporte y distribución (6.0%).

Las pérdidas por transformación, que corresponden a la diferencia entre la energía obtenida en los centros de transformación y la energía total enviada a éstos, ascendieron a 1,847.05 PJ, 1.5% superiores a las reportadas en 2012. Con ello, la eficiencia promedio en los centros de transformación, que se define como la relación entre la producción bruta de energía secundaria 5,659.56 PJ y los envíos energéticos, que se integraron por 5,666.24 PJ de energía primaria y 1,840.36 PJ de energía secundaria, fue de 75.4% en 2013.

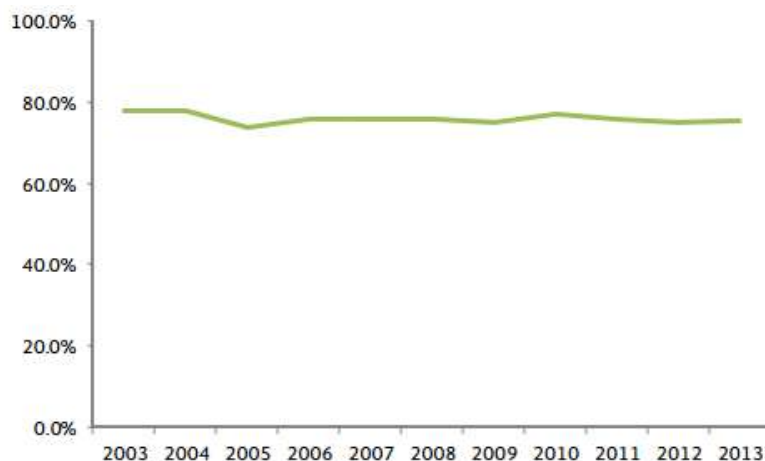
En las refinerías y despuntadoras la merma fue de 264.14 PJ, que corresponde a 10.3% del total de su producción. Comparado con 2012, ésta disminuyó 18.9%, como resultado de la normalización de operaciones en la refinería de Minatitlán y el aumento de la capacidad utilizada de destilación primaria en el Sistema Nacional de Refinación. Las plantas de gas y fraccionadoras tuvieron una pérdida de 19.77 PJ. La eficiencia en estos centros de transformación normalmente es muy alta, lo que significa que entregan casi la misma energía que reciben.

Las centrales eléctricas son los centros de transformación que mayores pérdidas tienen, esto se debe a que en esas instalaciones se pasa de un tipo de energía, ya sea primaria o secundaria, que en su mayoría es en estado sólido, líquido o gaseoso, a electricidad. Las centrales públicas registraron la mayor pérdida, con 998.39 PJ, 1.7% mayor que las observadas en 2012. Las centrales de los Productores Independientes de Energía perdieron 391.59 PJ, 19.8% por arriba de la cifra del año previo. Por último, la energía utilizada en la transformación dentro de las centrales de autogeneración fue de 152.78 PJ, 4.5% mayor que en el periodo anterior.

El consumo de gas natural y gas seco destinado a recirculaciones, es decir, el gas utilizado en las actividades de explotación de hidrocarburos como en bombeo neumático y sellos, representó 6.4% del consumo nacional en 2013 y disminuyó en 2.7 puntos porcentuales respecto a 2012. A pesar de que se contabiliza dentro del

consumo de energía, las recirculaciones no representan un consumo real, ya que este gas se vuelve a obtener dentro de las actividades de producción de hidrocarburos.

ILUSTRACIÓN 10. EFICIENCIA PROMEDIO EN LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN



Fuente: Balance Nacional de Energía 2013, SENER.

Consumo final de energía

En 2013 el consumo final total de energía, definido como la suma del consumo no energético total y el consumo energético total, mostró un incremento de 0.6% respecto a 2012, totalizando 5,132.32 PJ (Cuadro 8). Este flujo representa la energía que se destina al mercado interno o a las actividades productivas de la economía nacional.

CUADRO 8. CONSUMO FINAL TOTAL DE ENERGÍA (PJ)

	2012	2013	Variación porcentual (%) 2013/2012	Estructura porcentual (%) 2013
Consumo final total	5,100.35	5,132.32	0.63	100
Consumo no energético total	200.05	190.91	-4.57	3.72
Petroquímica de Pemex	112.56	136.53	21.30	2.66
Otras ramas	87.49	54.38	-37.84	1.06
Consumo energético total	4,900.30	4,941.41	0.84	96.28
Transporte	2,298.82	2,262.28	-1.59	44.08
Industrial	1,522.30	1,612.31	5.91	31.41
Resid, comer y púb	920.73	909.22	-1.25	17.72
Agropecuario	158.45	157.60	-0.54	3.07

Fuente: Sistema de información energética, SENER, 2013.

El consumo no energético total, que se refiere a aquellos productos energéticos y no energéticos derivados del petróleo que se utilizan como insumos para la producción de diferentes bienes, representó 3.7% del consumo final, durante el año 2013 la energía destinada para este fin tuvo una reducción de 4.6%. Los productos no energéticos representaron 63.6% de dicho consumo en 2013, se incluye asfaltos, lubricantes, parafinas, azufre, negro de humo y otros, elaborados principalmente en las refinerías.

Las gasolinas y naftas cubrieron 22.1% de la demanda, el gas seco 13.7%, el bagazo de caña y gas licuado el 0.7% restante (Ilustración 11). El principal decremento se presentó en el gas licuado, con una variación de 33.3%, además de una disminución de 23.8% en productos no energéticos (Cuadro 9). Por su parte, el consumo energético total, se refiere a la energía destinada a la combustión en los procesos y actividades económicas y a satisfacer las necesidades energéticas de la sociedad. Éste representó 54.8% del consumo nacional y 96.3% del consumo final (Cuadro 7 y Cuadro 8).

Las gasolinas y naftas mostraron una reducción en su demanda, principalmente asociada al consumo del sector transporte, el cual, absorbió 28.7% del consumo final total. La electricidad fue el segundo energético de mayor consumo con el 16.5%. Por su parte, el diésel cubrió el 15.4% de los requerimientos energéticos finales, seguido del gas seco con 12.5% (Cuadro 9).

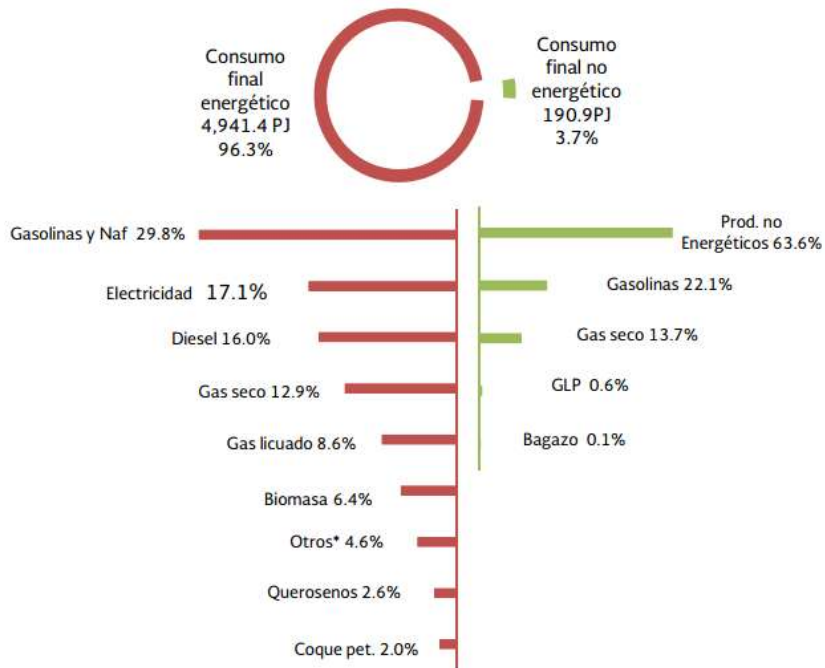
CUADRO 9. CONSUMO FINAL TOTAL POR TIPO DE COMBUSTIBLE (PJ)

	2012	2013	Variación porcentual (%) 2013/2012	Estructura porcentual (%) 2013
Consumo final total	5,100.35	5,132.32	0.63	100
Consumo no energético	200.05	190.91	-4.57	3.72
Bagazo de caña	0.16	0.18	16.00	0.00
Gas licuado	1.62	1.08	-33.29	0.02
Gas seco	29.26	26.08	-10.87	0.51
Gasolinas y Naftas	9.76	42.15	331.96	0.82
Productos no energéticos	159.25	121.42	-23.75	2.37
Consumo energético total	4,900.30	4,941.41	0.84	96.28
Carbón	97.37	127.26	30.70	2.48
Solar	6.42	7.14	11.18	0.14
Combustóleo	33.51	25.44	-24.08	0.50
Coque de carbón	64.34	65.13	1.23	1.27
Querosenos	121.54	127.69	5.06	2.49
Coque de petróleo	100.02	97.66	-2.36	1.90
Biomasa	297.74	317.41	6.61	6.18
Gas licuado	436.90	427.16	-2.23	8.32
Gas seco	594.63	638.95	7.45	12.45
Electricidad	841.71	846.57	0.58	16.49
Diesel	799.14	788.18	-1.37	15.36
Gasolinas y Naftas	1,506.98	1,472.81	-2.27	28.70

Fuente: Sistema de información energética, SENER, 2013.

Los sectores en que se desagrega el consumo final total son el transporte, siendo el sector más intensivo en uso de energía, representando el 44.1%, el industrial, que consumió 31.4%; el residencial, con 14.5%; el agropecuario, con 3.1%; el comercial, con 2.6%; y, el público, con 0.6%.

ILUSTRACIÓN 11. ESTRUCTURA DEL CONSUMO FINAL TOTAL POR TIPO DE ENERGÉTICO, 2013

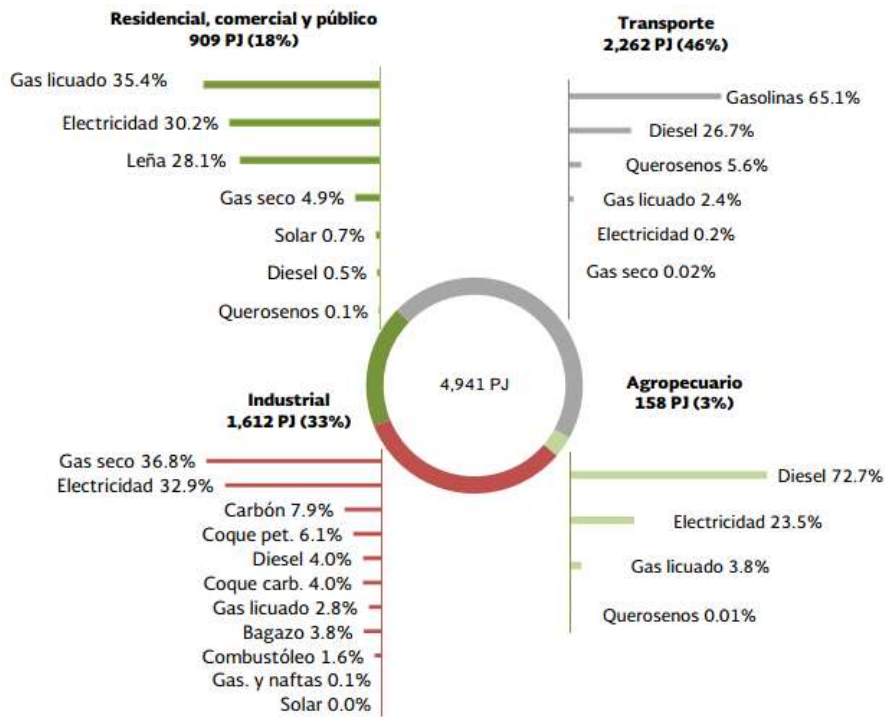


Fuente: Balance Nacional de Energía 2013, SENER.

Consumo final energético por sectores

En 2013 el consumo final energético creció 0.8% respecto a 2012. El consumo del sector industrial mostró el mayor incremento y fue 5.9% mayor que el del año anterior. La ilustración 12 presenta el consumo final por sectores durante 2013.

ILUSTRACIÓN 12. CONSUMO FINAL ENERGÉTICO POR SECTOR Y ENERGÉTICO, 2013



Fuente: Balance Nacional de Energía 2013, SENER.

CAPÍTULO V. MODELOS ECONOMETRICOS

En este capítulo primero se definen las hipótesis y datos que serán empleados en los modelos econométricos usados en esta investigación, los cuales también son definidos en este apartado.

5.1 Hipótesis

Para fines de este estudio se pondrán a prueba distintas hipótesis comprendiendo las relaciones de causalidad entre las variables consumo energía eléctrica, crecimiento económico y exportaciones.

El primer conjunto de hipótesis se refiere a la relación entre el consumo de electricidad y el PIB. Estas son las hipótesis de crecimiento, de conservación, de neutralidad y de retroalimentación. Estas hipótesis de la relación consumo de energía- PIB, tienen importantes implicaciones políticas. Si hay causalidad unidireccional en el sentido de Granger de PIB al consumo de electricidad o ninguna causalidad Granger en uno u otro sentido, se puede entender que las políticas de conservación de la energía tienen poco o ningún efecto adverso en el crecimiento económico. Por otro lado, si existe causalidad unidireccional de Granger desde el consumo de electricidad hacia el PIB, entonces la reducción de la generación de electricidad en el mercado podría llevar a una caída de los ingresos, mientras que los aumentos en la producción de electricidad contribuyen al crecimiento económico.

El segundo conjunto de hipótesis se refiere a la relación causal entre las exportaciones y el PIB. Estas hipótesis se han considerado en la literatura como exportaciones-PIB. La hipótesis de las exportaciones indica que la causalidad de Granger va de las exportaciones al PIB.

El tercer conjunto de hipótesis se refiere a la relación entre las exportaciones y el consumo de electricidad. Si hay causalidad de Granger del consumo de electricidad a las exportaciones, la reducción del consumo de electricidad podría impedir

intentos de ampliar las exportaciones como motor del crecimiento económico. Sin embargo, si existe causalidad de Granger de las exportaciones al consumo de electricidad o ninguna causalidad Granger en cualquier dirección, se deduce que se puede esperar que las políticas de conservación de la energía no tengan efecto adverso en el crecimiento de las exportaciones.

5.2 Datos

El periodo a analizar en esta investigación comprende 46 observaciones de 1968 a 2013 para México. Fueron tomadas a partir de 1968 ya que es el año en el que se comenzó a tener un registro de lo es ahora el INPC, antes de ese año los datos fueron elaborados por el Banco de México con base en el Índice de Precios al Mayoreo en la Ciudad de México.

Consumo de electricidad per cápita

De 1968 al 2013. Medido en millones de kW (EC). Datos obtenidos de Agencia Internacional de Energía (AIE) Statistics de 1968-2013, los datos de los años 1968, 1969, 1970, y 2013 fueron llenados con un promedio de los años disponibles para evitar que el modelo sea espurio. (Ver anexo 1)

PIB real per cápita (Y)

De 1968 al 2013. Medido en dólares y tomando 2000 como año base. Datos del Banco Mundial. (Ver anexo 1)

Exportaciones reales per cápita (EX)

De 1968 al 2013. Realizado con los datos de las exportaciones reales en dólares divididos entre los datos de la población anual. Se tomará 2000 como año base. (Ver anexo 1)

INPC (P)

De 1968 al 2013. Con datos tomados del Banco de México tomando como base el año 2000. Debido a que estos se encuentran de manera mensual, se procederá a realizar un promedio anual para que puedan ser usados en el modelo. (Ver anexo 1)

5.3. Instrumentos de medición

En primera instancia se probará la existencia de cointegración entre variables, para esto nos basaremos en el estudio de Lean y Smyth (2010) dónde utilizaron la prueba de límites para examinar la existencia de una relación de equilibrio a largo plazo entre la generación de electricidad, el PIB real, las exportaciones y el IPC. Se usará el método de técnicas autorregresivas de distribución de resagos (ARDL por sus siglas en inglés) propuesto por Pesaran et al. (2001) que implica la investigación de la existencia de una relación de largo plazo utilizando un modelo de corrección de errores sin restricciones. También se aplicarán pruebas de raíz unitaria para determinar el orden de integración de las variables, Augmented Dickey Fuller (ADF) y Phillips y Perron (PP). Después se probará la causalidad de Granger con la prueba de Granger.

5.3.1. Análisis de regresión múltiple

En primera instancia se utilizará un análisis de regresión múltiple con el fin de detectar las interacciones entre las variables independientes que afectan a la variable dependiente, al ser un estudio de causalidad se tendrán que analizar todas las variables en distintos momentos como dependientes.

En los modelos de regresión múltiple, la variable dependiente o regresada, está en función o depende de dos o más variables explicativas o regresoras y se expresan de la siguiente manera:

$$Y_1 = \beta_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + u_i \quad (1)$$

Donde:

Y_1 : Variable dependiente o regresada.

x_2, x_3 y x_4 : Variables independientes o regresoras.

β_1 : Indica el término del intercepto. Representa el efecto medio o promedio sobre r de todas las variables excluidas del modelo, aunque su interpretación mecánica sea el valor promedio de Y cuando todas las variables independientes o x_n se igualan a cero.

β_2 y β_3 : Son los coeficientes de regresión parcial o coeficientes parciales dependientes. Miden el cambio en el valor de la media de Y , por unidad de cambio en una variable regresora o independiente, manteniendo todas las demás constantes.

u_i : Es el término de perturbación estocástica referido a distintos momentos del tiempo o unidades económicas, representa el efecto conjunto de otras variables no incluidas explícitamente en el modelo, cuyo efecto individual sobre la variable regresada no es significativo.

Las variables utilizadas para los distintos modelos de esta investigación son las siguientes:

Modelo 1:

- Variable dependiente: consumo de energía eléctrica per cápita, medida en kWh per cápita.
- Variable independiente 1: exportaciones per cápita medida en dólares.
- Variable independiente 2: índice nacional de precios al consumidor.
- Variable independiente 3: PIB per cápita medido en dólares.

Modelo 2:

- Variable dependiente: exportaciones per cápita medida en dólares.
- Variable independiente 1: consumo de energía eléctrica per cápita, medida en kWh per cápita.
- Variable independiente 2: índice nacional de precios al consumidor.
- Variable independiente 3: PIB per cápita medido en dólares.

Modelo 3:

- Variable dependiente: Índice nacional de precios al consumidor.
- Variable independiente 1: consumo de energía eléctrica per cápita, medida en kWh per cápita.
- Variable independiente 2: exportaciones per cápita medida en dólares.
- Variable independiente 3: PIB per cápita medido en dólares.

Modelo 4:

- Variable dependiente: PIB per cápita medido en dólares.
- Variable independiente 1: consumo de energía eléctrica per cápita, medida en kWh per cápita.
- Variable independiente 2: exportaciones per cápita medida en dólares.
- Variable independiente 3: Índice nacional de precios al consumidor.

Entonces utilizando las variables de este estudio las ecuaciones para estudiar las relaciones entre las variables consumo de energía eléctrica, exportaciones, INPC y PIB quedan de la siguiente forma:

$$CE = \beta_1 + \beta_2 EXP + \beta_3 INPC + \beta_4 PIB + u_i \quad (2)$$

$$EXP = \beta_1 + \beta_2 CE + \beta_3 INPC + \beta_4 PIB + u_i \quad (3)$$

$$INPC = \beta_1 + \beta_2 CE + \beta_3 EXP + \beta_4 PIB + u_i \quad (4)$$

$$PIB = \beta_1 + \beta_2 CE + \beta_3 EXP + \beta_4 INPC + u_i \quad (5)$$

Donde:

CE: es la variable dependiente en la ecuación 2 e independiente en las ecuaciones 3, 4 y 5 denominada consumo de energía eléctrica per cápita.

EXP: se refiere a la variable dependiente en la ecuación 3 e independiente en las ecuaciones 2, 4 y 5 denominada exportaciones per cápita.

INPC: es la variable dependiente en la ecuación 4 e independiente en las ecuaciones 2, 3 y 5 y se refiere al índice de precios nacional del consumidor.

PIB: es la variable dependiente en la ecuación 5 e independiente en las ecuaciones 2, 3 y 4; tal como lo dicen sus siglas se refiere al producto interno bruto pero per cápita.

β 's: son los parámetros cuyo valor se desconoce y será estimado. Con dicha estimación se obtiene una cuantificación de la relación existente entre la variable dependiente y las variables independientes.

u_i : es el término de perturbación estocástica referido a distintos momentos del tiempo o unidades económicas, representa el efecto conjunto de otras variables no incluidas explícitamente en el modelo, cuyo efecto individual sobre la variable regresada no es significativo.

5.3.2. Pruebas de raíz unitaria aplicables a series de tiempo

Las pruebas de raíz unitaria son pruebas sobre estacionareidad (o no estacionareidad). Una serie de tiempo⁸ es estacionaria si su distribución es constante a lo largo del tiempo (con media, varianza y covarianza constantes en el tiempo); sin embargo, muchas de las series de tiempo no cumplen con la condición de estacionareidad cuando tienen una tendencia estocástica (Gujarati, 2010).

Cuando una serie de tiempo no cumple con la condición de estacionareidad se pueden presentar serios problemas. Uno de ellos se refiere a regresiones espurias o sin sentido que se obtienen cuando, aun no existiendo relación real alguna entre las variables involucradas en el modelo propuesto (generalmente series de tiempo), la correlación obtenida entre ellas aparece como alta, de forma que las pruebas estadísticas y el R^2 del ajuste indican equivocadamente que el modelo es estadísticamente correcto. El problema de regresiones espurias fue analizado por primera vez por Granger y Newbold (1974) y se sintetiza diciendo que al llevarse a cabo regresiones entre series temporales económicas expresadas en niveles, es muy probable encontrar relaciones con un valor elevado del coeficiente de determinación y con un valor pequeño del estadístico de Durbin Watson, lo que podría invalidar la relación estimada en el modelo (Pérez, 2006).

A modo de resumen, las regresiones de series de tiempo no estacionarias pueden generar los siguientes problemas:

- errores sesgados: no es confiable el criterio convencional para juzgar si hay una relación causal entre las variables.
- Altos t-estadísticos: la regresión recoge las tendencias de las X's y las atribuye a la tendencia de Y.
- Altos R²: puede sugerir una relación estadísticamente significativa, aunque realmente no exista.

⁸ Secuencia de valores ordenados cronológicamente a lo largo de un periodo de tiempo.

La existencia de raíz unitaria en variables macroeconómicas ha sido un tema controversial durante las últimas décadas. Hasta Nelson y Plosser (1982) se suponía que las series de tiempo estaban compuestas de una tendencia y un ciclo, y que el componente tendencial era determinístico y lineal. Sin embargo, encontraron que en la mayoría de series de agregados macroeconómicos la tendencia estaba caracterizada por una caminata aleatoria. La influencia del estudio fue de una importancia tal, que actualmente la mayoría de los trabajos incluyen un análisis de series de tiempo para verificar la existencia de raíz unitaria (Naciones Unidas, 2003).

La prueba de Dickey y Fuller (1979), es una de las más utilizadas para verificar la existencia de raíz unitaria y utiliza las ecuaciones 6, 7 y 8 (Gujarati, 2010):

$$\Delta Y_t = \delta_{t-1} + u_t \quad (6)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \delta_{t-1} + u_t \quad (7)$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 + \beta_{2t} + \delta_{t-1} + u_t \quad (8)$$

Dónde:

t Variable de tiempo o tendencia, y las hipótesis son las siguientes:

Hipótesis nula: $H_0: \delta = 0$; es decir, existe raíz unitaria, por lo tanto la serie de tiempo es no estacionaria o tiene tendencia estocástica.

Hipótesis alternativa: $H_1: \delta < 0$; es decir, la serie de tiempo es estacionaria, posiblemente alrededor de una tendencia determinística. Cabe señalar que si la serie de tiempo presenta cambio estructural, las conclusiones realizadas a partir de esta prueba podrían ser inválidas.

La diferencia en las ecuaciones 6, 7 y 8 radica en la presencia de los componentes determinísticos intercepto β_1 y la tendencia t . La primera ecuación se refiere a un modelo puramente aleatorio, la segunda incorpora un intercepto y la tercera cuenta

con el intercepto y la tendencia. El intercepto y la tendencia tendrán que incluirse en la prueba si la serie de tiempo presenta alguna tendencia, pero si carece de ella y la media de la serie es diferente de cero será necesario incluir el intercepto únicamente. Si la serie fluctúa alrededor de una media igual a cero no deberá incluirse el intercepto ni la tendencia en la prueba (Hamilton, 1994).

Otra prueba (ecuación 10) usada para la detección de raíz unitaria es la prueba Dickey Fuller Aumentada (ADF) que hace una estimación de mínimos cuadrados ordinarios (Dickey y Fuller, 1979):

$$Y_t = \alpha + \beta_t + \rho Y_{t-1} + \sum_{j=1}^M \gamma \Delta Y_{t-j} + u_t \quad (10)$$

Donde

t: es una tendencia lineal.

M: número de rezagos necesarios para que u_t sea ruido blanco.

La prueba ADF evalúa la hipótesis nula de raíz unitaria ($H_0: \rho = 1$) contra la hipótesis alternativa $H_1: \rho < 1$. La serie es estacionaria en tendencia, cuando se incluye una tendencia lineal; o estacionaria, cuando no se incluye una tendencia lineal. Dickey y Fuller (1979) proporcionaron los valores críticos correspondientes para verificar estas hipótesis.

Además de las pruebas mencionadas anteriormente, existen otras pruebas para estudiar la presencia de raíces unitarias como la prueba desarrollada por Phillips y Perron (1988), que se basa en la prueba DF, haciéndola compatible con la presencia de autocorrección y heterocedasticidad en los residuos, con las mismas hipótesis nula y alternativa que la prueba DF.

5.3.3. Análisis de cointegración

Granger y Newbold (1974) observaron en su estudio que tres de cada cuatro regresiones espurias son estadísticamente correctas, pero que cuando se corre la misma regresión en primeras diferencias baja a sólo ocho de cada 100 regresiones. Por eso no propusieron unilateralmente que una regresión espuria no pudiera tener significado económico. Consideraron que era apropiado construir modelos que incluyeran los efectos de las variables en sus cambios, pero sin olvidar la relación en niveles. De esta manera se obtendrían resultados más completos y se podrían tener mejores interpretaciones. Fue así que surgió la idea de buscar la cointegración de las variables. Bajo este análisis se acepta que no existe una relación de corto plazo entre dos variables –es decir, es una regresión espuria– pero que sí existe una relación de largo plazo, lo que significa que las variables regresarán tarde o temprano a su tendencia natural de largo plazo.

El concepto de cointegración se basa en la existencia de una relación de equilibrio entre variables no estacionarias, por lo que los desequilibrios que se presentan son únicamente de corto plazo o transitorios. El concepto permite discriminar las relaciones de largo plazo realmente existentes de las espurias, con lo que se posibilita especificar relaciones de equilibrio entre variables económicas junto con relaciones de corto plazo (Ortuño et al., 1996).

Según Engle y Granger (1987), las variables están integradas si todas son integrables del orden d ($d > 0$) y si existe una combinación lineal entre ellas que sea $I(d-b)$, donde $b > 0$. Al vector que da lugar a esta combinación lineal entre variables $I(d)$, de un orden de integridad menor, se le denomina “vector de cointegración”. El caso habitual es que $d=b=1$, por lo que las variables serán $I(1)$ y su combinación lineal será estacionaria (Ortuño et al., 1996). Engle y Granger (1987) muestran que el procedimiento de mínimos cuadrados ordinarios produce resultados consistentes para los parámetros de la ecuación y también que las pruebas de hipótesis usuales no son válidas. También muestran que en el caso de dos variables la ecuación de cointegración está identificada por la condición de que es la única combinación lineal de las variables con varianza finita.

Cuando se encuentran relaciones de cointegración ello significa que si se tienen dos variables x_t y y_t que poseen raíces unitarias y la combinación lineal $y_t = \beta x_t + u_t$ es estacionaria, entonces los residuos son considerados como los errores o desviaciones de corto plazo respecto del equilibrio de largo plazo. De esta manera, las variables siguen una trayectoria similar en el largo plazo y no se desvían sistemáticamente en el tiempo (Loría, 2007).

De acuerdo con el procedimiento de cointegración propuesto por Engle y Granger (1987), se debe estimar una ecuación estática, es decir, todas las variables expresadas en el tiempo t , por MCO, a la cual se le denomina regresión de cointegración. Los parámetros estadísticos deben ser significativos y tener el signo correcto según la teoría económica. Los residuos obtenidos de la regresión de cointegración deben ser analizados posteriormente. Si éstos siguen un proceso estacionario, se puede afirmar que las series originales mantienen una relación estable o de equilibrio de largo plazo y, por lo tanto, están cointegradas (Brugger, 2010).

5.3.4. Mecanismo de corrección de errores

En la estimación de una ecuación de largo plazo existen momentos de desequilibrio de corto plazo respecto a la relación de largo plazo. De tal forma, puede utilizarse el mecanismo de corrección de error (MCE), que consiste en una especificación econométrica que permite vincular el análisis de equilibrio de largo plazo con la dinámica de ajuste de corto plazo, como una medida de desviación del equilibrio. Intriligator (1990) menciona que el hecho de que las variables estén cointegradas considera la existencia de un proceso de ajuste que evita que los errores crezcan en el largo plazo. Ése es el modelo de corrección de error. De esta manera, las ecuaciones de corrección de error son usadas principalmente para analizar pronósticos de corto alcance. Tanto la cointegración como el MCE funcionan bajo la premisa básica de que la economía no es caótica y tiende a buscar equilibrios para un funcionamiento ordenado en el tiempo, con lo cual se acepta que, aun cuando

pueda haber episodios de crisis, las economías no pueden mantenerse por tiempo indefinido en desorden (Brugger, 2010).

El principio detrás de estos modelos es que existe una relación de equilibrio a largo plazo entre variables económicas y que, sin embargo, en el corto plazo puede haber desequilibrios. Con los modelos de corrección del error, una proporción del desequilibrio de un período (el error, interpretado como un alejamiento de la senda de equilibrio a largo plazo) es corregido gradualmente a través de ajustes parciales en el corto plazo.

De acuerdo con el Teorema de Representación de Granger, al existir cointegración entre las series es posible aplicar el MCE de la siguiente manera:

$$\Delta Y_t = \beta_1 \Delta x_t + \beta_2 u_{t-1} + \varepsilon_t \quad (11)$$

donde

y=variable endógena,

x=variable explicativa,

u=residuales de la estimación original y

ε =residuos generados de la ecuación MCE.

El valor β_2 indica la magnitud del ajuste de cada periodo de la endógena respecto a su valor de largo plazo o, en forma más intuitiva, recoge el ajuste hacia el equilibrio de largo plazo. Por definición, la beta debe ser mayor a -1, ya que en caso contrario habría errores I(1), que indican que las series no están cointegradas (Loría, 2007).

5.3.5. Metodología para estudiar las relaciones de causalidad entre variables

Como último paso se realiza la prueba de causalidad de Granger, puesto que a pesar de que el análisis de regresión tiene que ver con la dependencia de una variable respecto de otras, esto no implica que exista causalidad. “Una relación estadística,

por más fuerte y sugerente que sea, nunca podrá establecer una conexión causal; nuestras ideas de causalidad deben provenir de estadísticas externas y, en último término, de una u otra teoría” (Gujarati, 2010).

El enfoque comúnmente utilizado para describir e inferir la dinámica o relación causal en series de tiempo está basado en los modelos de vectores autoregresivos (VAR), introducidos por Sims (1980) y el concepto de causalidad de Granger, introducido por él mismo (1969). La representación gráfica de estructuras causales se remonta a Wright (1934). Pearl (1995) muestra como los modelos gráficos pueden ser usados para inferir no paramétricamente la causalidad entre variables (Gujarati,2010).

5.3.6. Prueba de causalidad de Granger

La idea general del modelo de causalidad de Granger se refiere a lo siguiente: si un acontecimiento A sucede antes de un suceso B, es posible que A cause a B, pero no es posible que B cause a A. Dicho de otra manera, los acontecimientos pasados pueden propiciar eventos que ocurren en la actualidad, lo cual no sucede con los eventos futuros.

Para explicar la prueba de Granger se considera la siguiente pregunta ¿A causa B ($A \rightarrow B$), o B causa A ($B \rightarrow A$)? La prueba de causalidad de Granger supone que la información relevante para la predicción de las variables respectivas, A y B, está contenida únicamente en la información de series de tiempo sobre estas variables. La prueba implica la estimación de las regresiones de las ecuaciones 12 y 13:

$$A_t = \sum_{i=1}^n \alpha_i B_{t-i} + \sum_{j=1}^n \beta_j A_{t-j} + u_{1t} \quad (12)$$

$$B_t = \sum_{i=1}^n \lambda_i B_{t-i} + \sum_{j=1}^n \delta_j A_{t-j} + u_{2t} \quad (13)$$

Donde se supone que las perturbaciones u_{1t} y u_{2t} no están correlacionadas. La ecuación 12 postula que A actual se relaciona con los valores pasados de A mismo, al igual que con los de B; y la segunda ecuación no. 13 postula un comportamiento similar para B. Estas regresiones se realizan en forma de crecimientos, A y B, donde

un punto sobre una variable indica su tasa de crecimiento. Se distinguen cuatro casos:

La causalidad unidireccional de B hacia A es la indicada si los coeficientes estimados sobre B rezagada en la primera ecuación son estadísticamente diferentes de cero considerados en grupo (es decir $\sum \alpha_i \neq 0$) y el conjunto de coeficientes estimados sobre A rezagada en la segunda ecuación no son estadísticamente diferente de cero (es decir $\sum \delta_j = 0$).

Causalidad unidireccional de A hacia B, si los coeficientes de B rezagada en la primera ecuación no son estadísticamente diferentes de cero (es decir $\sum \alpha_i = 0$) y el conjunto de coeficientes de A rezagada en la segunda ecuación son estadísticamente diferentes de cero (es decir $\sum \delta_j \neq 0$).

Causalidad bilateral, o retroalimentación; se da cuando los conjuntos de coeficientes de A y B son estadísticamente significativos, es decir diferentes de cero en las dos regresiones.

Independencia entre variables, cuando los conjuntos de coeficientes de A y B no son estadísticamente significativos en ambas regresiones.

De manera general, el futuro no puede predecir el pasado, si la variable A causa B, los cambios en A deben anteceder a los cambios de B. Por consiguiente, en una regresión de B sobre otras variables (incluyendo los propios valores pasados de B) si se consideran valores pasados o rezagados de A y esto mejora significativamente la predicción de B, entonces se puede decir que A causa a B. Lo mismo sucede si B causa a A.

5.3.7. Prueba de causalidad de Toda-Yamamoto

La prueba de causalidad de Toda y Yamamoto (1995) se utiliza para variables no estacionarias, es una aproximación para evaluar la relación de causalidad independiente del orden de integración y/o del rango de cointegración en el sistema de vectores autoregresivos (VAR) estimado a través del sistema SUR (seemingly

unrelated regressions). Es una prueba robusta respecto a las propiedades de integración y cointegración. Su metodología emplea una prueba de Wald modificada (MWald) para comprobar restricciones de los parámetros en el VAR (k), donde k es el orden de los rezagos en el sistema, el cual posee una distribución asintótica Chi-cuadrada con K grados de libertad cuando se estima un VAR (k + dmax), donde d(max) corresponde al máximo orden de integración de las series que componen el sistema. El modelo de causalidad de Toda y Yamamoto se representa en las ecuaciones 14 y 15.

$$X_t = \alpha + \sum_{i=1}^k \alpha_i X_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{k+dmax} b_j X_{t-j} + \sum_{i=1}^k c_i Y_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{k+dmax} d_j Y_{t-j} + e_{1t} \quad (14)$$

$$Y_t = f + \sum_{i=1}^k g_i Y_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{k+dmax} h_j Y_{t-j} + \sum_{i=1}^k m_i X_{t-i} + \sum_{j=k+1}^{k+dmax} n_j X_{t-j} + e_{2t} \quad (15)$$

Donde:

X_t Variable independiente

Y_t Variable dependiente

e_{1t} y e_{2t} son los errores de ruido blanco con media cero, varianza constante y no autocorrelación.

La causalidad en el sentido de Granger va de y_t a x_t si $c_i \neq 0, \forall_i$ en la ecuación 14 y de x_t a y_t , si $m_i \neq 0, \forall_i$ en la ecuación 15.

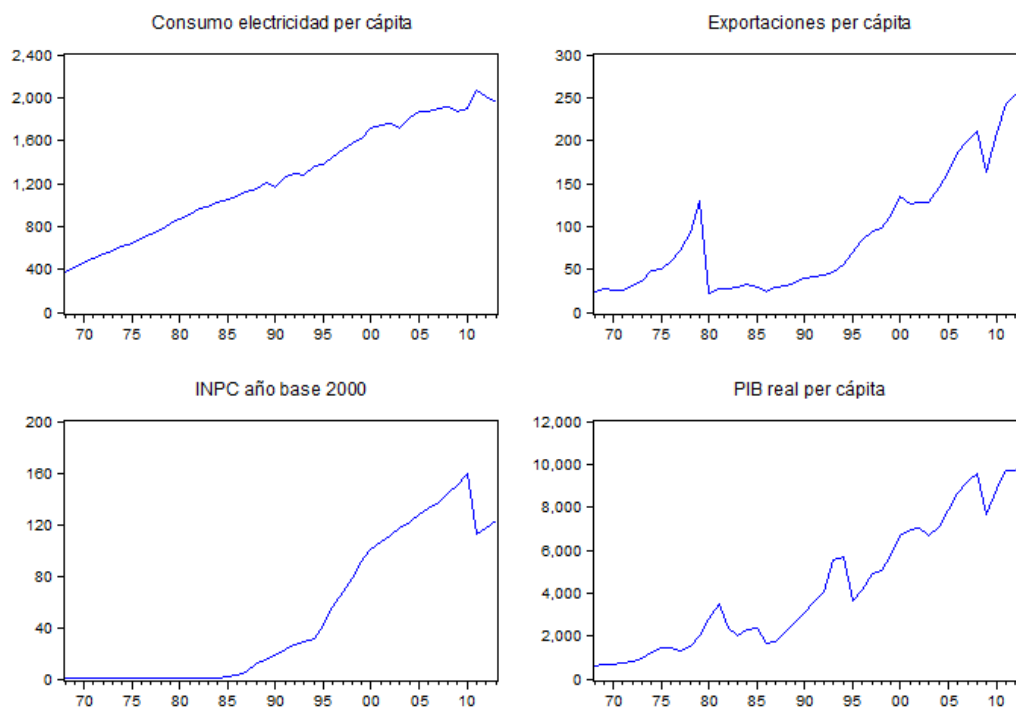
CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el capítulo anterior se han definido los métodos a utilizar para probar las distintas hipótesis de este proyecto de investigación, ahora en este apartado se mostrarán los distintos resultados que se obtuvieron una vez que se aplicaron las pruebas.

6.1. Preliminares

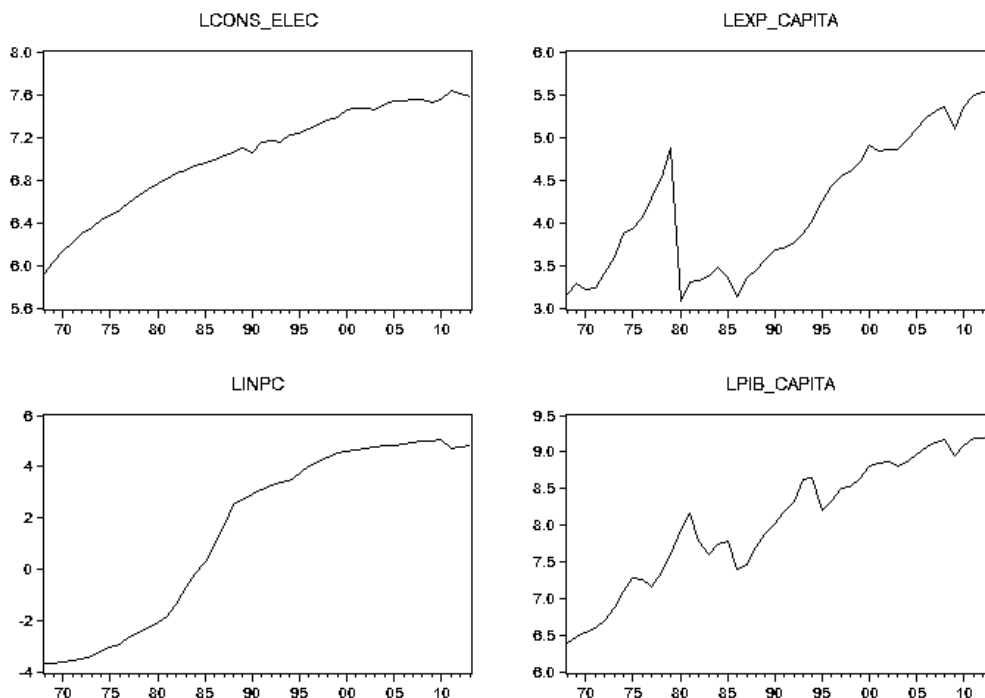
En la ilustración 13 se puede apreciar cómo se han comportado las series en el periodo de tiempo 1968-2013, cabe destacar el pico que se aprecia en las exportaciones per cápita alrededor de los 80, se puede suponer que se debe a la crisis financiera de México durante esa década; y en la ilustración 14 también se aprecia el comportamiento de las series pero convertidas en logaritmos, esto con el fin de proporcionar estacionariedad a las mismas y así tener un mejor modelo.

ILUSTRACIÓN 13 GRÁFICAS COMPORTAMIENTO DE SERIES EN EL TIEMPO



Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

ILUSTRACIÓN 14 GRÁFICAS COMPORTAMIENTO DE SERIES EN EL TIEMPO (LOGARÍTMOS)



Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

Para poder correr los modelos correspondientes es necesario comprobar si existe relación entre variables, para lo cual se empleó una matriz de correlación que se muestra en la tabla 3 y dónde podemos identificar que si existe relación entre variables en gran cantidad excepto por el consumo de energía eléctrica y las exportaciones per cápita.

TABLA 1 MATRIZ DE CORRELACIÓN

	LCONS_ELEC	LEXP_CAPITA	LINPC	LPIB_CAPITA
LCONS_ELEC	1.000000	0.750452	0.960344	0.969194
LEXP_CAPITA	0.750452	1.000000	0.699721	0.793502
LINPC	0.960344	0.699721	1.000000	0.921040
LPIB_CAPITA	0.969194	0.793502	0.921040	1.000000

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

6.2. 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 (Barriga y Gómez, 2012).

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”.

El debate sobre la presencia de raíces unitarias en series de tiempo, especialmente en datos económicos, ha cobrado mayor atención en las últimas décadas, particularmente desde el trabajo de Nelson y Plosser (1982), en el cual los autores afirman que los choques actuales tienen un efecto permanente en el largo plazo en gran parte de las series de tiempo macroeconómicas y financieras. Estudios ulteriores analizaron el tema, argumentando que la respuesta de largo plazo a los choques actuales depende del tamaño relativo de los choques temporales y de los choques permanentes. Desde entonces, una buena parte de los estudios publicados se han concentrado en desarrollar métodos para determinar la presencia de raíces unitarias en las series temporales (Barriga y Gómez, 2012).

6.3. Prueba Dickey-Fuller Aumentada

Por lo anterior, en este estudio se ha llevado a cabo la prueba ADF para comprobar que las series sean estacionarias. Como primer paso se llevó a cabo la prueba ADF para cada una de las series en niveles, dónde como se puede apreciar en el cuadro 10 solamente la serie de consumo de energía eléctrica pasa la prueba de raíz unitaria, así que se procedió a realizar la misma prueba, pero en primeras diferencias.

CUADRO 10 RESULTADOS PRUEBA ADF EN NIVELES

Variable	Hipótesis nula	Estadístico t	T crítico	Valor prob.
CE	CE tiene raíz unitaria	-5.9088	-3.5847	0.0001
EXP	EXP tiene raíz unitaria	-1.0420	-3.5847	0.7301
PIB	PIB tiene raíz unitaria	-1.4449	-3.5847	0.5519
INPC	INPC tiene raíz unitaria	-1.6506	-3.5885	0.4488

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

CUADRO 11 RESULTADOS PRUEBA ADF EN PRIMERAS DIFERENCIAS

Variable	Hipótesis nula	Estadístico t	T crítico	Valor prob.
CE	CE tiene raíz unitaria	-2.4154	-1.9490	0.0169
EXP	EXP tiene raíz unitaria	-7.5881	-2.6185	0.0000
PIB	PIB tiene raíz unitaria	-5.2205	-2.6198	0.0000
INPC	INPC tiene raíz unitaria	-1.7543	-1.6121	0.0754

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

Como se puede apreciar en el cuadro 11 la prueba ADF para el consumo de electricidad (CE) pasa en primera diferencia y sin incluir tendencia o intercepto. Como el valor del estadístico t es menor a un nivel de significancia de 5%, rechazamos hipótesis nula de que el consumo de electricidad tiene raíz unitaria y se concluye que la serie es estacionaria. En cuanto a la prueba ADF para las exportaciones per cápita (EXP) igualmente pasa en primera diferencia y sin incluir

tendencia o intercepto, como el valor del estadístico t es mucho menor a un nivel de significancia de 1%, rechazamos hipótesis nula de que las exportaciones per cápita tienen raíz unitaria y se puede decir que la serie es estacionaria. Para el caso del PIB la prueba ADF pasa de igual manera en primera diferencia y sin incluir tendencia o intercepto, el valor del estadístico t es menor a un nivel de significancia de 1%, rechazamos hipótesis nula de que el PIB per cápita tiene raíz unitaria y se concluye que la serie es estacionaria. Finalmente para el INPC ADF pasa en primera diferencia y sin incluir tendencia o intercepto, el valor del estadístico t es menor a un nivel de significancia en este caso de 10%, pero aun así se puede rechazar la hipótesis nula de que el índice de precios tiene raíz unitaria y es posible decir que la serie es estacionaria.

6.4. Prueba de Philips-Perron

Como se puede observar en el cuadro 12 sólo se puede aceptar la hipótesis nula de que las series tienen raíz unitaria en el caso de la variable consumo de electricidad, mientras que para las otras variables, exportaciones per cápita, INPC y PIB per cápita, en niveles no se puede decir que exista raíz unitaria por lo tanto no son series estacionarias, así que se recurrió a la prueba PP en primeras diferencias como se hizo en el caso de la prueba anterior, ADF. En el cuadro 13 se pueden observar los resultados obtenidos para la prueba PP en primeras diferencias y se puede constatar que se puede aceptar la hipótesis nula para las variables consumo de electricidad, exportaciones per cápita y PIB per cápita, en cuanto al INPC no pasa la prueba siquiera al 10%, pero como en la prueba ADF en primeras diferencias si pasa, entonces es posible utilizar todas las variables en primeras diferencias y de esa forma solucionar el problema de estacionareidad.

CUADRO 12 RESULTADOS PRUEBA PHILLIPS-PERRON FISHER EN NIVELES

Variable	Hipótesis	Valor prob.
Consumo de electricidad	Las series tienen raíz unitaria	0.00
Exportaciones per cápita		0.79

INPC		0.62
PIB per cápita		0.41

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

CUADRO 13 RESULTADOS PRUEBA PHILLIPS-PERRON EN PRIMERAS DIFERENCIAS

Variable	Hipótesis	Valor prob.
Consumo de electricidad	Las series tienen raíz unitaria	0.00
Exportaciones per cápita		0.00
INPC		0.17
PIB per cápita		0.00

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

Pruebas de cointegración Engle-Granger y Johansen

Mediante el análisis de series de tiempo con las pruebas de raíz unitaria se demostró que dichas series tienen la característica de ser no estacionarias, por lo cual se procede a aplicar algunas pruebas de cointegración, ya que es un término que se refiere a la regresión de una serie de tiempo con raíz unitaria. Por lo tanto y en términos económicos, dos variables serán cointegradas si existe una relación de largo plazo o de equilibrio entre ambas.

6.5 Prueba de Engle-Granger

Al aplicar la prueba de cointegración de Engle-Granger se obtiene que la hipótesis nula de no cointegración se rechaza para las variables consumo de energía eléctrica, exportaciones per cápita e INPC, por lo cual se puede decir que existe cointegración en estas variables, para el caso del PIB per cápita la hipótesis nula no puede ser rechazada, por lo tanto para esta prueba en el PIB no existe cointegración.

CUADRO 14 RESULTADOS PRUEBA ENGLE-GRANGER

Variable	Hipótesis Nula	Estadístico tau	Prob*	Estadístico z	Prob*
Consumo energía eléctrica	Las series no están cointegradas	-3.71	0.16	-14.97	0.44
Exportaciones per cápita		-2.57	0.64	-12.11	0.62
INPC		-2.85	0.51	-6.63	0.91
PIB per cápita		-5.08	0.01	-53.39	0.00

*MacKinnon (1996) p-values

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

6.6 Prueba de Johansen

Como se mencionó en el capítulo anterior, la prueba de cointegración de Johansen 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 la prueba del máximo valor propio (Maximum Eigenvalue Test), los resultados de esta prueba se pueden ver en la siguiente tabla:

CUADRO 15 RESULTADOS PRUEBA JOHANSEN

Prueba de Johansen				
Variable	Hipótesis Nula	Trace test	Max-Eigenvalue test	Valor Prob.
CE PIB EXP INPC	No existe cointegración	Se rechaza hipótesis nula. Indica 4 ecuaciones de cointegración.	Se rechaza hipótesis nula. Indica 4 ecuaciones de cointegración.	0.05

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

Los datos expresados en la tabla anterior indican que en estas series de tiempo existe cointegración a un nivel de significancia del 5%.

6.7. 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 y en los cuadros 16, 17, 18 y 19 se pueden apreciar los resultados obtenidos.

Ecuación MCE consumo de energía eléctrica variable dependiente:

$$\begin{aligned} \Delta CE = C + \beta_1 \Delta CE_{t-1} + \beta_2 \Delta CE_{t-2} + \beta_3 \Delta CE_{t-3} + \beta_4 \Delta CE_{t-4} + \beta_5 \Delta EXP_{t-1} + \\ \beta_6 \Delta EXP_{t-2} + \beta_7 \Delta EXP_{t-3} + \beta_8 \Delta EXP_{t-4} + \beta_9 \Delta INPC_{t-1} + \beta_{10} \Delta PIB_{t-1} + \\ \beta_{11} \Delta PIB_{t-2} + \beta_{12} u_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (16)$$

Ecuación MCE exportaciones per cápita variable dependiente:

$$\begin{aligned} \Delta EXP = C + \beta_1 \Delta EXP_{t-1} + \beta_2 \Delta CE_{t-1} + \beta_3 \Delta INPC_{t-1} + \beta_4 \Delta INPC_{t-2} + \\ \beta_5 \Delta PIB_{t-1} + \beta_6 \Delta PIB_{t-2} + \beta_7 u_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (17)$$

Ecuación MCE INPC variable dependiente:

$$\begin{aligned} \Delta INPC = C + \beta_1 \Delta INPC_{t-1} + \beta_2 \Delta INPC_{t-2} + \beta_3 \Delta INPC_{t-3} + \beta_4 \Delta CE_{t-1} + \\ \beta_5 \Delta EXP_{t-1} + \beta_6 \Delta EXP_{t-2} + \beta_7 \Delta PIB_{t-1} + \beta_8 u_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (18)$$

Ecuación MCE PIB variable dependiente:

$$\begin{aligned} \Delta PIB = C + \beta_1 \Delta PIB_{t-1} + \beta_2 \Delta CE_{t-1} + \beta_3 \Delta CE_{t-2} + \beta_4 \Delta EXP_{t-1} + \beta_5 \Delta EXP_{t-2} + \\ \beta_6 \Delta INPC_{t-1} + \beta_7 \Delta INPC_{t-2} + \beta_8 \Delta INPC_{t-3} + \beta_9 \Delta INPC_{t-4} + \beta_{10} u_{t-1} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (19)$$

Donde

CE : Consumo de energía eléctrica per cápita

EXP: exportaciones per cápita

INPC: Índice Nacional del Precios al Consumidor

PIB: PIB per cápita

u : residuales de la estimación original y

ε : residuos generados de la ecuación MCE.

El coeficiente del rezago de error determina la rapidez con que se establecerá el equilibrio en cada uno de los modelos, en otras palabras, que tanto se corrige el error entre “x” y “y” (variable dependiente e independiente, respectivamente). Para el caso del modelo dónde el consumo de energía funge como variable dependiente (ver cuadro 16), el coeficiente de los residuos es negativo y significativo, -0.1352 con un valor prob. de 0.05, como se espera que sea en este tipo de modelo de corrección de errores, por lo tanto se puede decir que existe una relación de causalidad de largo plazo en las variables. También es correcto decir que el error entre la variable dependiente e independientes se corrige 13% en un año.

Para el caso del modelo dónde las exportaciones actúan como variable dependiente (ver cuadro 17) el valor de coeficiente de rezago es de -2.0439, lo que quiere decir que el error entre las variables dependiente e independientes se corrige 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 (valor prob 0.04) 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.

CUADRO 16 RESULTADOS MCE. CONSUMO DE ENERGÍA

Modelo de mecanismo de corrección de errores consumo de energía eléctrica				
Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadístico-t	Valor prob.
Consumo de energía (-4)	0.3289	0.1692	1.9437	0.06
Exportaciones (-4)	0.0300	0.0125	2.4011	0.02
INPC (-1)	0.0344	0.0188	1.8273	0.07
PIB (-2)	-0.0797	0.0333	-2.3935	0.02
Residuos (-1)	-0.1352	0.0673	-2.0091	0.05
R-Cuadrada = 0.4385 Durbin-Watson = 2.11				

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

CUADRO 17 RESULTADOS MCE EXPORTACIONES PER CÁPITA

Modelo de mecanismo de corrección de errores exportaciones per cápita				
Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadístico-t	Valor prob.
Exportaciones (-1)	-0.2651	0.1557	-1.7020	0.09
Consumo de energía (-1)	1.0748	1.5438	0.6962	0.49
INPC (-2)	0.4145	0.3742	1.1077	0.27
PIB (-2)	-0.5776	0.3224	-1.7915	0.08
Residuos (-1)	-2.0439	0.9740	-2.0984	0.04
R-Cuadrada = 0.2118 Durbin-Watson = 2.01				

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

CUADRO 18 RESULTADOS MCE INPC.

Modelo de mecanismo de corrección de errores INPC				
Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadístico-t	Valor prob.
INPC(-3)	0.4356	0.1612	2.7012	0.01
Consumo de energía (-1)	2.1687	0.7378	2.9393	0.01
Exportaciones (-2)	-0.1476	0.0626	-2.3564	0.02
PIB (-1)	-0.4371	0.1410	-3.0983	0.00
Residuos (-1)	0.2438	0.4005	0.6088	0.54
R-Cuadrada = 0.7687 Durbin-Watson = 1.94				

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

CUADRO 19 RESULTADOS MCE PIB PER CÁPITA

Modelo de mecanismo de corrección de errores PIB per cápita				
Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadístico-t	Valor prob.
PIB(-1)	0.5199	0.1653	3.1449	0.00
Consumo de energía (-2)	2.1828	0.8824	2.4735	0.01
Exportaciones (-2)	0.2337	0.0712	3.2816	0.00
INPC (-4)	0.6747	0.2141	3.1506	0.00
Residuos (-1)	1.2811	0.4757	2.6928	0.01
R-Cuadrada = 0.5454 Durbin-Watson = 2.02				

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

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 dicha comprobación se llevaron a cabo las siguientes pruebas: de Ramsey, de normalidad, de autocorrelación y de heterocedasticidad.

6.7.1. Prueba de Ramsey (Test Reset de Ramsey)

La prueba de Ramsey es una prueba de errores de especificación de la forma funcional. Se realiza con el fin de comprobar la adecuación de la especificación lineal del modelo con el que se está trabajando. El cuadro 20 muestra los resultados.

CUADRO 20 RESULTADOS PRUEBA DE RAMSEY

Resultados pruebas de Ramsey			
Modelo por variable dependiente	Estadístico F	Estadístico T	Valor Prob.
Consumo de energía (1 término de ajuste)	1.06	1.03	0.31
Consumo de energía (2 términos de ajuste)	3.72	-	0.03
Exportaciones (1 término de ajuste)	31.42	5.60	0.00
INPC (1 término de ajuste)	8.23	2.86	0.00
PIB (1 término de ajuste)	3.92	1.98	0.05

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

6.7.2. Prueba de normalidad

A través de las pruebas de normalidad se corroboró que los datos presentan una distribución normal para las modelos donde el consumo de energía, PIB y exportaciones actúan como variables dependientes, esto debido al valor prob. obtenido en las distintas pruebas, que nos permite aceptar la hipótesis nula, excepto

para el caso del INPC que presenta un Jarque-Bera alto y un valor prob. que nos indica que probablemente en este modelo los residuos no estén distribuidos de manera normal, pero como pasa de manera satisfactoria las otras pruebas, se procederá a aceptar este modelo.

CUADRO 21 RESULTADOS PRUEBA NORMALIDAD

Resultados pruebas de normalidad			
Modelo por variable dependiente	Hipótesis nula	Jarque-Bera	Valor Prob.
Consumo de energía	Los residuos se encuentran distribuidos normalmente.	0.6613	0.7184
Exportaciones		2.6038	0.2720
INPC		24.4426	0.01
PIB		0.5749	0.7501

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

6.7.3. Pruebas de heterocedasticidad

En la siguiente tabla se pueden observar los resultados de las pruebas de heterocedasticidad de White para los distintos modelos, con los cuales se puede comprobar que se tratan de modelos heterocedásticos, ya que en todas las pruebas fue posible rechazar ampliamente la hipótesis nula de no heterocedasticidad.

CUADRO 22 RESULTADOS PRUEBA DE HETEROCEDASTICIDAD

Prueba de heterocedasticidad de White			
Modelo por variable dependiente	Estadístico F	Valor prob. F	Valor prob. Chi cuadrada
Consumo de energía	0.6713	0.7634	0.6892
Exportaciones	0.1388	0.9944	0.9918

INPC	0.1818	0.9918	0.9872
PIB	0.6619	0.7495	0.6861

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

6.7.4. Prueba de correlación

Para probar la correlación de los modelos se hizo uso de la prueba LM Breusch-Godfrey, prueba que deben pasar los modelos que son bien especificados, donde como se puede apreciar en la tabla 22, en ninguno de los modelos existe correlación, ya que los resultados de los estadísticos permiten rechazar la hipótesis nula de existencia de correlación en las series.

CUADRO 23 RESULTADOS PRUEBA LM BREUSCH-GODFREY

Prueba de correlación LM Breusch-Godfrey			
Modelo por variable dependiente	Estadístico F	Valor prob. F	Valor prob. Chi cuadrada
Consumo de energía	0.4876	0.6196	0.4766
Exportaciones	0.3338	0.7186	0.6529
INPC	1.1468	0.3307	0.2353
PIB	2.3360	0.1153	0.0533

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

6.7.5. Prueba de causalidad de Granger

Como ya se vio en apartados anteriores, al aplicar las pruebas de raíz unitaria, se encontró que las series no eran estacionarias. Al ser de orden (I) las variables, y verificar que se está trabajando con regresiones que presentan cointegración, esta prueba de causalidad se realiza a través del Vector de Corrección de Errores (VEC) para comprobar si existe una relación de corto plazo, tomando las variables en

primeras diferencias y el término de corrección de errores rezagado. La tabla 23 contiene los resultados de la prueba de causalidad de Granger por el método de Wald para cada una de las variables.

CUADRO 24 RESULTADOS PRUEBA CAUSALIDAD GRANGER

Resultados prueba causalidad Granger			
Variable dependiente	Variable independiente	Valor prob	Relación causalidad
Consumo de energía	Exportaciones	0.11	$EXP \neq CE$
Consumo de energía	INPC	0.08	$INPC \leftarrow CE$
Consumo de energía	PIB	0.03*	$PIB \leftrightarrow CE$
Exportaciones	Consumo de energía	0.49	$CE \neq EXP$
Exportaciones	INPC	0.52	$INPC \leftarrow EXP$
Exportaciones	PIB	0.03	$PIB \leftrightarrow EXP$
INPC	Consumo de energía	0.00	$INPC \leftarrow CE$
INPC	Exportaciones	0.04	$INPC \leftarrow EXP$
INPC	PIB	0.00	$INPC \leftrightarrow PIB$
PIB	Consumo de energía	0.00	$PIB \leftrightarrow CE$
PIB	Exportaciones	0.00	$PIB \leftrightarrow EXP$
PIB	INPC	0.00	$INPC \leftrightarrow PIB$

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

Lo primero que se puede observar en la tabla 23 es que no existe una relación de causalidad entre el consumo de energía y las exportaciones, a diferencia del consumo de energía y el INPC y el consumo de energía donde se encontró que sí existe una causalidad que va en el sentido de Granger del consumo de energía al INPC, lo que indica que un cambio en el INPC causa un cambio en el consumo de energía, en cuanto a la relación PIB-consumo de energía que es una de las más

estudiadas en la literatura, se puede observar una relación de causalidad bidireccional, con un mejor valor de significancia del consumo de energía al PIB. En cuanto a la relación exportaciones-INPC, se encontró una relación de causalidad sólo de las exportaciones al INPC en el sentido de Granger, ya que el valor prob. de INPC a las exportaciones es muy alto (0.52) por lo que se rechaza la hipótesis nula de que existe una relación de causalidad del INPC a las exportaciones. En cuanto a la otra relación de variables también muy estudiada, exportaciones-PIB, en la tabla se puede observar una relación de causalidad bidireccional entre estas variables, ya que en ambas pruebas fue posible aceptar las hipótesis nulas, la primera que PIB causa exportaciones y la segunda que las exportaciones causan PIB. Finalmente también se encontró una relación de causalidad bidireccional entre el PIB e INPC, debido a que para ambas variables se pudo aceptar la hipótesis nula.

6.8. Prueba de causalidad Toda-Yamamoto

Con el fin de verificar los resultados obtenidos en la prueba anterior, se recurrió a una segunda prueba de causalidad, la de Toda-Yamamoto (1995).

En general los resultados obtenidos en esta prueba concuerdan con los resultados de las pruebas de causalidad de Granger por el método de Wald (ver tabla 24) , a excepción de la relación de causalidad de las variables consumo de energía y PIB, ya que en la prueba Wald se obtuvo que a un nivel de significancia de 5% existe una relación de causalidad bidireccional entre estas variables, mientras que en la prueba Toda-Yamamoto sólo se encontró relación de causalidad del PIB al consumo de energía. Para las otras relaciones de causalidad se puede decir que son los mismos, causalidad del consumo de energía y de las exportaciones al INPC, relación de causalidad bidireccional en las relaciones exportaciones-PIB y PIB-INPC, y finalmente sin existencia de relación para las variables consumo de energía-exportaciones.

CUADRO 25 RESULTADOS PRUEBA TODA-YAMAMOTO

Resultados prueba Toda-Yamamoto			
Variable dependiente	Variable independiente	Nivel de significancia	Relación de causalidad
Consumo de energía	Exportaciones	0.22	$EXP \neq CE$
Consumo de energía	INPC	0.35	$INPC \leftarrow CE$
Consumo de energía	PIB	0.12*	$PIB \leftarrow CE$
Exportaciones	Consumo de energía	0.95	$CE \neq EXP$
Exportaciones	INPC	0.42	$INPC \leftarrow EXP$
Exportaciones	PIB	0.07	$PIB \leftrightarrow EXP$
INPC	Consumo de energía	0.00	$INPC \leftarrow CE$
INPC	Exportaciones	0.00	$INPC \leftarrow EXP$
INPC	PIB	0.00	$INPC \leftrightarrow PIB$
PIB	Consumo de energía	0.00	$PIB \leftarrow CE$
PIB	Exportaciones	0.00	$PIB \leftrightarrow EXP$
PIB	INPC	0.00	$INPC \leftrightarrow PIB$

Fuente: Elaboración propia con base en datos del cuadro de anexos.

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 un modelo econométrico se llegó a la conclusión de que las series en un inicio no eran estacionarias, debido a problemas de raíz unitaria reflejados en las distintas pruebas aplicadas, por lo cual se procedió a convertirlas en primeras diferencias.

Una vez convertidas las series en primeras diferencias 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 mecanismo de corrección de errores (MCE) que parte de la premisa de elaborar una ecuación 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 aplicaron las pruebas de causalidad, de Granger (1969) y Toda-Yamamoto (1995), para poder llegar a los resultados que prueban las hipótesis de esta investigación.

Para el caso de la relación exportaciones-PIB, los resultados concuerdan con la primer hipótesis específica de esta investigación, ya que 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, a diferencia de la hipótesis que se había

establecido al inicio de este estudio donde dice que esa causalidad es unidireccional, del consumo de energía hacia el crecimiento económico. Esta discrepancia es entendible, ya que como se mencionaba anteriormente, 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.

Finalmente, tampoco se cumple la tercera hipótesis específica de esta investigación que establece una relación de causalidad bidireccional entre consumo de energía y comercio para México, los resultados muestran que no existe relación de causalidad alguna entre estas variables, 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.

Como conclusión final, aunque no se hayan aceptado todas las hipótesis establecidas en este trabajo, se puede decir que se logró el objetivo principal de esta investigación, el cual era determinar las diferentes relaciones de causalidad entre consumo de energía eléctrica, crecimiento económico y comercio para México basadas en el periodo 1968-2013.

RECOMENDACIONES

Como se encontró que existe una relación de causalidad bidireccional entre el PIB y el consumo de energía eléctrica es importante que el gobierno analice a profundidad las políticas públicas a implementarse respecto al caso de consumo energético, ya que cualquier cambio en este indicador, afecta de acuerdo a este análisis al PIB y viceversa.

En cuanto a las políticas de promoción de comercio internacional, es de vital importancia su implementación para la economía mexicana, debido a que los resultados muestran una relación de causalidad bidireccional entre las exportaciones y el PIB.

Para futuros estudios relacionados con este tema, se podrían ver enriquecidos con la implementación del consumo de energía por sectores, esto con el fin de obtener un estudio más robusto y de resultados más enfocados. Tomar en cuenta también la generación de energía, esto con el fin de hacer una comparativa.

También sería de gran interés académico revisar el consumo de energía de las empresas exportadoras y cuanto aportan estas al PIB.

En este estudio se toma en cuenta el consumo de energía eléctrica, sería interesante también analizar los otros tipos de energía, principalmente la renovable, ya que es la energía que está siendo más promovida por los gobiernos con el fin de evitar desabastecimiento de la misma.

Finalmente para el sector empresarial, la recomendación es que cada empresa preste atención al consumo eléctrico y sigan implementando estrategias tecnológicas para disminuir su gasto energético y así mejorar sus precios.

BIBLIOGRAFÍA

- Abu-Quarn, A., & Abu-Bader, S. (2004). The validity of the ELG hypothesis in the MENA region: cointegration and error correction model analysis. *Applied Econometrics* 36, 1685-1695.
- Aghion, P., & Howitt, P. (1998). *Endogenous Growth Theory*. Cambridge: MA: MIT Press.
- Ahmad, J., & Harnhirun, S. (1995). Unit roots and cointegration in estimating causality between exports and economic growth: empirical evidence from the ASEAN countries. *Economics Letters* 49, 329-334.
- Aïssa, M., Jebli, M., & Youssef, S. (2013). Output, renewable energy consumption and trade in Africa. *Energy Policy* 66, 11-18.
- Al-Yousif, Y. (1997). Exports and economic growth: some empirical evidence from the Arab Gulf Countries. *Applied Econometrics* 29, 693-697.
- Andreas, K., & Spreng, D. (2007). Energy indicators for tracking sustainability in developing countries. *Energy Policy* 35, 2466-2480.
- Arrow, K. J. (1962). The economic implications of learning-by-doing. *Review of Economic Studies* 29, 155-173.
- Asafu-Adjaye, J. (2000). The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries. *Energy Economics* 22, 615-625.
- Babula, R., & Anderson, L. (2008). The Link Between Openness and Long-Run Economic Growth. *Journal of International Commerce and Economics* , 1-20.
- Bahmani-Oskooee, M. (2009). Export-led growth vs. growth-led exports: LDCs experience. *Journal of Developing Areas*, 179-209.
- Bahmani-Oskooee, M., & Economidou, C. (2009). Export-led growth vs. growth-led exports: LDCs experience. *Journal of Developing Areas*, 179-209.
- Bahmani-Oskooee, M., & Oyolola, M. (2007). Export growth and output growth: an application of bounds testing approach. *Journal of Economics Finance* 31, 1-11.
- Bahmani-Oskooee, M., Economidou, C., & GG., G. (2005). Export-led growth hypothesis revisited: a panel cointegration approach. *Science Journal of Administration Development* 3, 40-55.
- Balassa, B. (1978). Exports and economic growth: Further evidence. *Journal of Development Economics* 5, 181-189.
- Bancomundial.org. (s.f.). Recuperado el Junio de 2016, de <http://datos.bancomundial.org/indicador/NE.EXP.GNFS.ZS>

- Bancomundial.org.* (s.f.). Recuperado el Junio de 2016, de <http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KN>
- Banxico.org.mx.* (s.f.). Recuperado el Junio de 2016, de <http://www.banxico.org.mx/politica-monetaria-e-inflacion/material-de-referencia/intermedio/inflacion/elaboracion-inpc-udis.html>
- Barriga, M., & 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.
- Bruckner, M., & Lederman, D. (2012). Trade Causes Growth in Sub-Saharan Africa. *The World Bank Policy Research Working Paper No. 6007*.
- Brugger, S. I. (2010). *Capital especulativo y crisis bursátil en América Latina. Contagio, crecimiento y convergencia (1993-2005)*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Chang, R., Kaltani, L., & Loayza, N. (2005). Openness can be Good for Growth: The Role of Policy Complementarities. *Conference at Central Bank of Peru (2005)*. Peru.
- Chow, P. (1987). Causality between export growth and industrial development: Empirical evidence from NICs. *Journal of Development Economics* 26, 55-63.
- Chuang, Y. (1998). Learning by doing, the technology gap, and growth. *International Economics Review* 39, 697-721.
- Comercioyaduanas.com.mx.* (s.f.). Recuperado el Junio de 2016, de <http://www.comercioyaduanas.com.mx/comercioexterior/comercioexterioryaduana/s/116-que-es-comercio-exterior>
- Contreras, R., Cancino, A., & Martínez, K. (2011). Consumo de energía y crecimiento económico: explorando la curva ambiental de Kuznets. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad* 23, 37-51.
- Convertworld.com.* (s.f.). Recuperado el Junio de 2016, de <http://www.convertworld.com/es/energia/kwh.html>
- Cuadros, A., Orts, V., & Alguacil, M. (2004). Openness and Growth: Re-Examining Foreign Direct Investment, Trade and Output Linkages in Latin America. *The Journal of Development Studies* 40, 167-192.
- Daly, H. (1991). Elements of environmental macroeconomics. *Ecological economics: The science and management of sustainability*, 32-46.
- Damette, O., & Seghir, M. (2013). Energy as a driver of growth in oil exporting countries? *Energy Economics* 37, 126-143.
- Dawe, D. (1996). A new look at the effects of export instability on investment and growth. *World Development* 24, 1905-1914.
- Díaz, D. E. (2010). La energía y la teoría neoclásica del crecimiento. *SaberEs* 2, 23-39.

- Dickey, D., & Fuller, W. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association* 74, 427-431.
- Dodaro, S. (1993). Exports and growth: a reconsideration of causality. *Journal of Developing Areas*, 227-244.
- Edwards, S. (1988). Terms of trade, tariffs, and labor-market adjustment in developing countries. *World Bank Economics Review* 2, 165-185.
- Edwards, S. (1993). Openness, trade liberalisation, and growth in developing countries. *Journal of economics Literature* 31, 1358-1393.
- Energía, S. d. (2013). *Estrategia nacional de energía 2013-2027*. México.
- Engle, R., & Granger, C. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation and testing. *Econometrica* 55, 251-276.
- Feder, G. (1983). On exports and economic growth. *Journal of Development Economics* 12, 59-73.
- Ferguson, R., Wilkinson, & R., H. (2000). Electricity use and economic development. *Energy Policy* 28, 923-934.
- Fiestas, I. (2005). The effects of trade liberalization on growth, poverty and inequality. *Centro de Investigación Latinoamérica Europa*.
- Galindo, L. M. (2005). Short- and long-run demand for energy in Mexico: a cointegration approach. *Energy Policy* 33, 1179-1185.
- Ghani, G. M. (2012). Does trade liberalization effect energy consumption? *Energy Policy* 43, 285-290.
- Gómez-López, C. (2011). Crecimiento económico, consumo de energía y emisiones contaminantes en la economía mexicana. *Fuente* 9, 67-80.
- Gómez-López, C., & Puch, L. (2008). Uso de energía en economías exportadoras de petróleo. *FEDEA. Serie Estudios Económicos*, 24-08.
- Granger, C. (1969). Investigating causal relationships by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, 424-438.
- Granger, C., & Newbold, P. (1974). Spurious regressions in econometrics. *Journal of econometrics* 2, 111-120.
- Grossman, G., & E., H. (1991). *Innovation and growth in the global economy*. Cambridge: MIT Press.
- Gujarati, D. N. (2010). *Econometría*. México: McGraw-Hill.
- Halicioglu, F. (2009). An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy* 37, 1156-1164.

- Hamilton, J. (1994). *Time series analysis*. New Jersey: Princeton University Press.
- Heller, P., & R., P. (1978). Exports and growth: an empirical reinvestigation. *Journal of Development Economics* 5, 191-193.
- Helpman, E., & P., K. (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, 909-912.
- Hsiao, M. (1987). Tests of causality and exogeneity between exports and economic growth: the case of Asian NICs. *Journal of Development Economics*, 149-159.
- Intriligator, M. (1990). *Modelos econométricos, técnicas y aplicaciones*. Fondo de Cultura Económica.
- Jayanthakumaran, K., Verma, R., & Liu, Y. (2011). CO2 emissions, energy consumption, trade and income: A comparative analysis of China and India. *Energy Policy* 42, 450-460.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of economic dynamic and control*, 231-254.
- Jun, S. (2007). Bi-directional relationships between exports and growth: a panel cointegration analysis. *Journal of Economics Research*, 133-171.
- Jung, W., & Marshall, P. (1985). Exports, growth and causality in developing countries. *Journal of Development Economics* 18, 1-12.
- Kasman, A., & Duman, Y. S. (2014). CO2 emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: A panel data analysis. *Economic Modelling* 44, 97-103.
- Kavoussi, R. (1984). Export expansion and economic growth: further empirical evidence. *Journal of Development Economics*, 241-250.
- Kónya, L. (2004). Export-led growth, growth-driven export, both or none? Granger causality analysis on OECD countries. *Applied Econometrics and International Development*, 73-94.
- Krueger, A., & Berg, A. (2003). Trade, Growth and Poverty: A Selective Survey. *IMF Working Paper* 03/30.
- Kunst, R., & Marin, D. (1989). On exports and productivity: a causal analysis. *Review of Economics and Statistics* 71, 699-703.
- Lean, H. H., & Smyth, R. (2010). Multivariate Granger causality between electricity generation, exports, prices and GDP in Malaysia. *Energy* 35, 3640-3648.
- Lee, C.-C. (2005). Energy consumption and GDP in developing countries: A cointegrated panel analysis. *Energy Economics* 27, 415-427.

- López, A. (2005). Trade and Growth: Reconciling the Macroeconomic and Microeconomic Evidence. *Journal of Economic Surveys* 19, 623-648.
- López, A. M., Pulido, A., & Rodríguez, J. (2004). *Curso combinado de predicción y simulación*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Loria, E. (2007). *Econometría con aplicaciones*. México: Pearson Prentice Hill.
- Love, J. (1994). Engines of growth: the export and government sectors. *World Economy* 17, 203-218.
- Love, J., & Chandra, R. (2004). Testing export-led growth in India, Pakistan and Sri Lanka using a multivariate framework. *Manchester Sch* 72, 483-496.
- McNab, R., & RE, M. (1998). Trade policy, export expansion, human capital and growth. *Journal of International Trade and Economic Development* 7, 237-256.
- Mehrara, M. (2007). Energy consumption and economic growth: The case of oil exporting countries. *Energy Policy* 35, 2939-2945.
- Mendoza, U. (2009). Trade and Growth in the Post – 2008/2009 Crisis World. *World Economics* 11.
- Michaely, M. (1977). Exports and growth: an empirical investigation. *Journal of Development Economics* 4, 49-53.
- Narayan, P. K., & Smyth, R. (2009). Multivariate granger causality between electricity consumption, exports and GDP: Evidence from a panel of Middle Eastern countries. *Energy Policy* 37, 229-236.
- Nasreen, S., & Anwar, S. (2014). Causal relationship between trade openness, economic growth and energy consumption: A panel data analysis of Asian countries. *Energy Policy* 69, 82-91.
- Nelson, C., & Plosser, C. (1982). Trends and random walks in macroeconomic time series: some evidence and implications. *Journal of monetary economics* 10, 139-162.
- Omri, A., & 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.
- Ozturk, I. (2009). A literature survey on energy – growth nexus. *Energy Policy* 38, 340-349.
- Paluck, N. (08 de Mayo de 2014). *renewableenergyworld.com*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2014, de <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2014/05/mexicos-newly-opened-energy-market-attracts-renewables>
- Panagariya, A. (2004). Miracles and Debacles: In Defence of Trade Openness. *World Bank*.
- Parida, P., & Sahoo, P. (2007). Export-led growth in South Asia: a panel cointegration analysis. *Journal of International Economics* 21, 155-175.

- Payne, J. (2010). A survey of the electricity consumption-growth literature. *Applied Energy* 87, 723-731.
- Pérez, C. (2006). *Problemas resueltos de econometría*. Paraninfo.
- Perman, R., & Stern, D. (2003). Evidence from panel unit root and cointegration tests that the environmental Kuznets curve does not exist. *Australian Journal of Agriculture and Resource Economics* 47, 325-347.
- Phillips, P., & Pierre, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika* 75, 335-346.
- Ram, R. (1985). Exports and economic growth: some additional evidence. *Econ Devel Cult Change* 33, 415-425.
- Reppas, P., & Christopoulos, D. (2005). The export-output growth nexus: evidence from African and Asian countries. *Journal of Policy Modeling* 27, 929-940.
- Riezman, R., Summers, P., & CH, W. (1996). The engine of growth or its handmaiden? A time series assessment of export-led growth. *Empirical Economics* 21, 77-113.
- Sachs, J., & Warner, A. (1995). Natural resource abundance and economic growth. *NBER Working Paper No. 5398*.
- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy Policy* 37, 4021-4028.
- Sadorsky, P. (2011). Trade and energy consumption in the Middle East. *Energy Economics* 33, 739-749.
- Sadorsky, P. (2012). Energy consumption, output and trade in South America. *Energy Economics* 34, 476-488.
- Shahbaz, M., Nasreen, S., Ling, C. H., & 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., & Tariq, M. (2013). Energy Consumption, Trade and GDP: A Case Study of South Asian Countries. *Journal of Economic Literature* , 1-23.
- Sharma, S., & Dhakal, D. (1994). Causal analysis between exports and economic growth in developing countries. *Applied econometrics* 26, 1145-1157.
- Sheinbaum-Pardo, C., Ruiz-Mendoza, B., & Rodríguez-Padilla, V. (2012). Mexican energy policy and sustainability indicators. *Energy Policy* 46, 278-283.
- Silverstovs, B., & Herzer, D. (2007). Manufacturing exports, mining exports, and growth: cointegration and causality analysis for Chile (1960-2001). *Applied Econometrics* 39, 153-167.
- Sims, C. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica* 48, 1-48.

- Stone, S., & Strutt, E. (2009). Transport Infrastructure and Trade Facilitation in the Greater Mekong Subregion. *ADB Working Paper 130*.
- Suri, V., & Chapman, D. (1998). Economic growth, trade and energy: implications for the environmental Kuznets curve. *Ecological economics 25*, 195-208.
- Thornton, J. (1996). Cointegration, causality and export-led growth in Mexico, 1895-1992. *Economics Letters 50*, 413-416.
- Toda, & Yamamoto. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of econometrics 66*, 225-250.
- Toda, H., & Philips, P. (1993). Vector autoregressions and causality. *Econometrica 61*, 1367-1393.
- Tyler, W. (1981). Growth and export expansion in developing countries: some empirical evidence. *Journal of Development Economics 9*, 121-130.
- Unidas, N. (2003). *Reglas macrofiscales, sostenibilidad y procedimientos presupuestarios*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Valenzuela, J. M., & Qi, Y. (2012). Framing energy efficiency and renewable energy policies: An international comparison between Mexico and China. *Energy Policy*, 128-137.
- Van den Berg, H., & JR, S. (1994). Foreign trade and economic growth: time series evidence from Latin America. *Journal of international trade and economics development 3*, 249-268.
- Vernon, R. (1966). International investment and international trade in the product cycle. *The international executive 8*, 16.
- Whright, S. (1934). The method of path coefficients. *The annals of mathematical statistics 5*, 161-215.
- Winters, A. (2004). Trade Liberalization and Economic Performance: An Overview. *The economic Journal 114*, 4-21.
- World Bank. (2009). *Doing business 2009. Comparing regulation in 181 economies*. Washington, DC: The World Bank.
- World Trade Organization. (2011). *Harnessing trade for sustainable development and a green economy*.
- Worldbank.org. (s.f.). Recuperado el Junio de 2016, de <http://www.worldbank.org/depweb/spanish/beyond/global/glossary.html>
- Zhang, X.-P., & Cheng, X.-M. (2009). Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China. *Ecological Economics 68*, 2706-2712.
- Zhang, Y.-J. (2011). Interpreting the dynamic nexus between energy consumption and economic growth: Empirical evidence from Russia. *Energy Policy 39*, 2265-2272.

ANEXOS

ANEXO 1 CONCENTRADO DE DATOS MÉXICO 1968-2013

Año	PIB real per cápita ⁹	Consumo electricidad per cápita ¹⁰	INPC	Exportaciones per cápita ¹¹
1968	600.561804	375.5990	0.0222	23.8272
1969	644.85795	417.5452	0.0228	26.6108
1970	683.102206	459.4914	0.0239	24.7858
1971	729.732129	501.4376	0.0252	25.4209
1972	814.31178	543.3838	0.0265	30.0360
1973	964.875353	572.6270	0.0297	36.1658
1974	1218.07311	615.4459	0.0367	48.2853
1975	1445.71241	642.2615	0.0422	50.3085
1976	1421.65111	679.5264	0.0489	58.3758
1977	1271.81712	720.6040	0.0631	72.2718
1978	1552.69214	776.2442	0.0741	91.8295
1979	1987.63832	821.0401	0.0876	130.2687
1980	2803.31884	866.9718	0.1106	21.6727
1981	3524.74158	906.5163	0.1415	27.3750
1982	2394.56442	960.8122	0.2249	27.6314
1983	2008.09565	980.6919	0.4541	29.1739
1984	2319.45796	1019.6615	0.7513	32.0258
1985	2385.75778	1058.7714	1.1851	28.8373
1986	1639.74041	1077.0281	2.2071	23.0172
1987	1740.86901	1122.0777	5.1167	28.5457
1988	2227.40517	1155.5869	10.9582	31.1059
1989	2657.60043	1209.9644	13.1506	34.9328
1990	3068.70242	1161.9751	16.6553	39.6286
1991	3600.04519	1268.2031	20.4298	40.7259
1992	4080.45218	1287.5429	23.5978	43.2009
1993	5544.93246	1279.9067	25.8993	47.5736
1994	5690.67471	1363.2204	27.7033	54.7520
1995	3640.83342	1378.3460	37.3993	70.1967
1996	4131.80571	1445.3268	50.2565	83.1757
1997	4907.33315	1514.6362	60.6222	93.9755

⁹ En dólares por habitante año base 2000.

¹⁰ En kWh por habitante año base 2000.

¹¹ En dólares por habitante año base 2000.

1998	5038.62977	1571.8497	70.2784	98.3109
1999	5722.12214	1610.9462	81.9344	112.2136
2000	6649.71653	1717.4440	89.7113	134.6521
2001	6952.28904	1744.6447	95.4239	126.9350
2002	7023.78728	1753.7506	100.2243	127.1142
2003	6673.16697	1719.3444	104.7815	128.4567
2004	7115.12177	1817.7347	109.6941	144.7151
2005	7893.96823	1869.7487	114.0688	162.6705
2006	8680.60388	1877.5600	118.2088	186.9865
2007	9222.884	1905.7468	122.8980	200.2510
2008	9578.57057	1908.3467	129.1965	211.1677
2009	7661.20841	1863.5352	134.0710	163.8648
2010	8861.4937	1903.9848	142.9653	209.6887
2011	9730.27775	2074.2445	101.0416	241.9257
2012	9721.06264	2011.7151	104.5750	253.1109
2013	10200.8058	1949.1857	109.8480	255.9228

ANEXO 2 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Autor	Título	Método	PIB	Consumo de energía	Consumo de energía renovable	Generación de electricidad	Exportaciones	Importaciones	Capital	Trabajo	Índice precios al consumidor	Tipo de cambio	Apertura al comercio (X+M)/Pob	Inversión extranjera directa	Población	Emisiones CO2	Periodo	Número de países	México
			Variables incluidas																
Aïssa M. et al.	Output, renewable energy consumption and trade in Africa	Granger causality test. Panel unit root-tests. Fisher-ADF and Fisher-PP tests.	Y		Y		Y	Y	Y	Y							1980-2008	11	
Asafu-Adjaye J.	The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries	Granger causality test. Panel unit root-tests. Fisher-ADF and Fisher-PP tests.	Y	Y							Y						1973-1995	4	
Gómez-López C.	Crecimiento económico, consumo de energía y emisiones contaminantes en la economía mexicana	VARs. Pruebas causalidad Granger	Y	Y							Y						1980-2005	1	Y
Contreras R. et al	Consumo de energía y crecimiento económico: explorando la curva ambiental de Kuznets	Modelo de coeficientes aleatorios	Y	Y													1971-2006	83	Y
Damette O. y Seghir M.	Energy as a driver of growth in oil exporting countries?	FMOLS (Fully modified ordinary least squares) DOLS (Dynamic ordinary least squares) PMG	Y	Y													1990-2000	12	Y

		(Pool Mean Group)																
Galindo L.	Short- and long-run demand for energy in Mexico: a cointegration approach	Johansen procedure. Likelihood ratio test. Weak exogeneity tests. VAR models.	Y	Y						Y						1965-2001	1	Y
Gómez-López C. y Puch L.	Uso de Energía en Economías Exportadoras de Petróleo	Modelo Putty-Clay	Y	Y					Y	Y						1970-2001	1	Y
Halicioglu F.	An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey	Granger causality test. Panel unit root-tests. Fisher-ADF and Fisher-PP tests.	Y	Y			Y	Y						Y		1960-2005	1	
Jayanthakumar K. et al	CO2 emissions, energy consumption, trade and income: A comparative analysis of China and India	ARDL method LM Unit root test	Y	Y			Y	Y						Y		1971-2007	2	
Kasman, A. y Duman Y.	CO2 emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: A panel data analysis	Panel unit root tests. Panel cointegration tests. Granger causality test. FMOLS	Y	Y			Y	Y			Y			Y	Y	1992-2010	15	

Lean H. y Smyth R.	Multivariate Granger causality between electricity generation, exports, prices and GDP in Malaysia	Granger causality test. Panel unit root-tests. Fisher-ADF and Fisher-PP tests. ARDL bounds test.	Y			Y	Y			Y						1970-2008	1	
Lee C.	Energy consumption and GDP in developing countries: A cointegrated panel analysis	Panel unit root test. Pedroni panel cointegration test. FMOLS	Y	Y					Y							1975-2001	18	Y
Mehrara M.	Energy consumption and economic growth: The case of oil exporting countries	Pedroni panel cointegration test. Granger causality test.	Y	Y												1971-2002	11	Y
Narayan P. y Smyth R.	Multivariate granger causality between electricity consumption, exports and GDP: Evidence from a panel of Middle Eastern countries	Breitung unit root test. Westerlund panel cointegration test. Granger causality test. FMOLS	Y	Y			Y									1974-2002	6	
Nasreen S. y Anwar S.	Causal relationship between trade openness, economic growth and energy consumption: A panel data analysis of Asian countries	LLC, IPS, MW unit root tests. Pedroni panel cointegration test. Panel VECM causality. FMOLS y DOLS.	Y	Y			Y	Y		Y		Y			Y	1980-2011	15	
Omri A. y Kahouli B.	Causal relationships between energy consumption, foreign direct investment and economic growth: Fresh evidence from dynamic simultaneous-equations models	Im panel root test. GMM method. Arellano and Bond approach.	Y	Y			Y	Y	Y	Y		Y	Y	Y	Y	1990-2011	65	Y

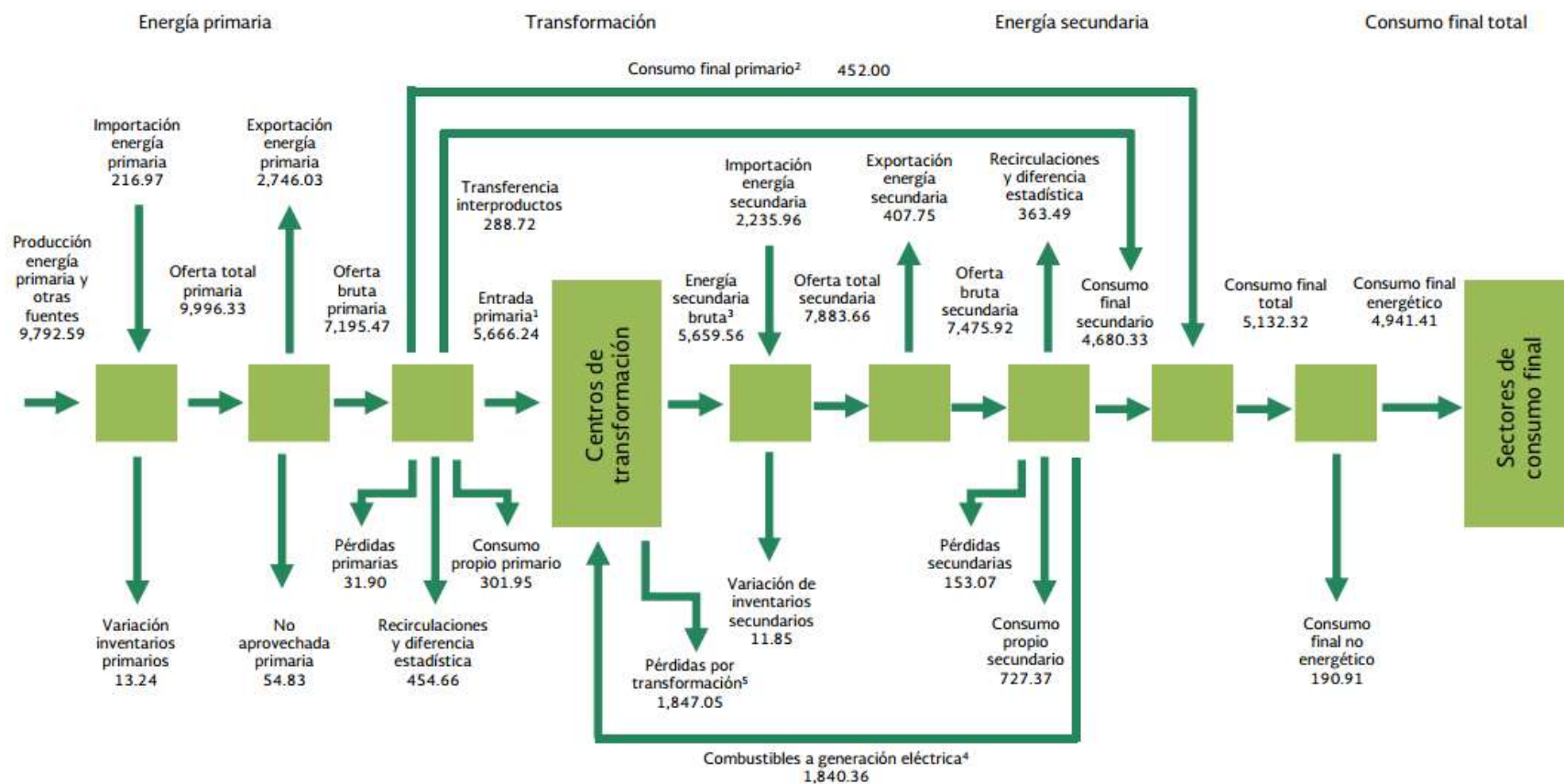
Sadorsky P.	Energy consumption, output and trade in South America	Pedroni panel cointegration test. Granger causality test.	Y	Y				Y	Y	Y	Y						1980-2007	7	
Sadorsky P.	Renewable energy consumption and income in emerging economies	Breitung Panel unit root test. Pedroni panel cointegration test. FMOLS. DOLS	Y		Y												1994-2003	18	Y
Sadorsky P.	Trade and energy consumption in the Middle East	Panel unit root tests. Pedroni panel cointegration test. Granger causality test. FMOLS. DOLS.	Y	Y				Y	Y						Y		1980-2007	8	
Shahbaz M. et al	Causality between Trade Openness and Energy Consumption: What Causes What in High, Middle and Low Income countries	IPS, LLC, MW Panel unit root tests. LLL panel cointegration test. Johansen cointegration test. Granger causality test. Homogenous Non-Causality Test.	Y	Y				Y	Y					Y		Y	1980-2010	91	Y
Shakeel M. et al	Energy Consumption, Trade and GDP: A Case Study of South Asian Countries	IPS, LLC, MW Panel unit root tests. Pedroni panel cointegration test. Granger causality test. FMOLS. DOLS.	Y	Y				Y		Y	Y	Y					1980-2009	5	

ANEXO 3 CONCENTRADO DE RESULTADOS PARA MÉXICO

Autores	Método	Variables	Periodo	Resultados
Damette O. y Seghir M. (2013)	FMLOS, DOLS, PMG	PIB, CE	1990-2010	CE causa PIB corto plazo. PIB causa CE largo plazo
Galindo L. (2005)	Johansen procedure. Likelihood ratio test. Weak exogeneity tests. VAR models.	PIB, CE, PR	1965-2001	Relación a largo plazo estable entre consumo de energía e ingresos para la demanda de todos los tipos de energía. Consumo de energía tiene una relación positiva con ingresos y un nexo negativo con los precios relativos. Un crecimiento económico continuo generará un aumento en el consumo de energía que es difícil de compensar usando cambios en los precios.
Lee C. (2005)	Panel unit root test. Pedroni panel cointegration test. FMLOS	PIB, CE, K	1975-2001	Consumo de energía causa PIB en el sentido de Granger, pero no viceversa.
Mehrara M. (2007)	Pedroni panel cointegration test. Granger causality test.	PIB, CE	1971-2002	Causalidad unidireccional del crecimiento económico hacia el consumo de energía en corto y largo plazo.
Omri A. y Kahouli B. (2014)	IPS panel root test. GMM method. Arellano and Bond approach.	PIB, CE, X, M, K, L, TC, AC, IED, POB	1990-2011	Relación bidireccional de causalidad entre crecimiento económico y consumo de energía, y entre crecimiento económico e IED; también existe una relación unidireccional de causalidad de la IED hacia el consumo de energía.
Shahbaz M. et al (2014)	IPS, LLC, MW Panel unit root tests. Likelihood-based panel cointegration test. Johansen cointegration test. Granger causality test. Homogenous Non-Causality Test.	PIB, CE, X, M, AC, POB	1980-2010	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.
Sadorsky P. (2009)	Breitung Panel unit root test. Pedroni panel cointegration test. FMOLS. DOLS	PIB, CER	1994-2003	Un incremento en el ingreso real per cápita tiene un impacto positivo en el consumo de energía renovable. En el largo plazo, un incremento del 1% en PIB per cápita aumenta el consumo de energía renovable en 3.39% -3.45% .

Fuente: Elaboración propia con base en revisión de literatura.

ANEXO 4 ESTRUCTURA DEL BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA, 2013 (PJ)



Fuente: Sistema de Información Energética (SIE), Sener.

La suma de los parciales puede no coincidir con los totales, debido al redondeo de las cifras.

¹ Carbón: 423.72; Crudo y condensados: 2,918.06; Gas natural: 1,892.16; Nucleoenergía: 122.60; Hidroenergía: 100.66; Geoenergía: 131.33; Energía eólica: 15.07; Bagazo de caña: 60.30; Biogás: 1.97; Solar: 0.38.

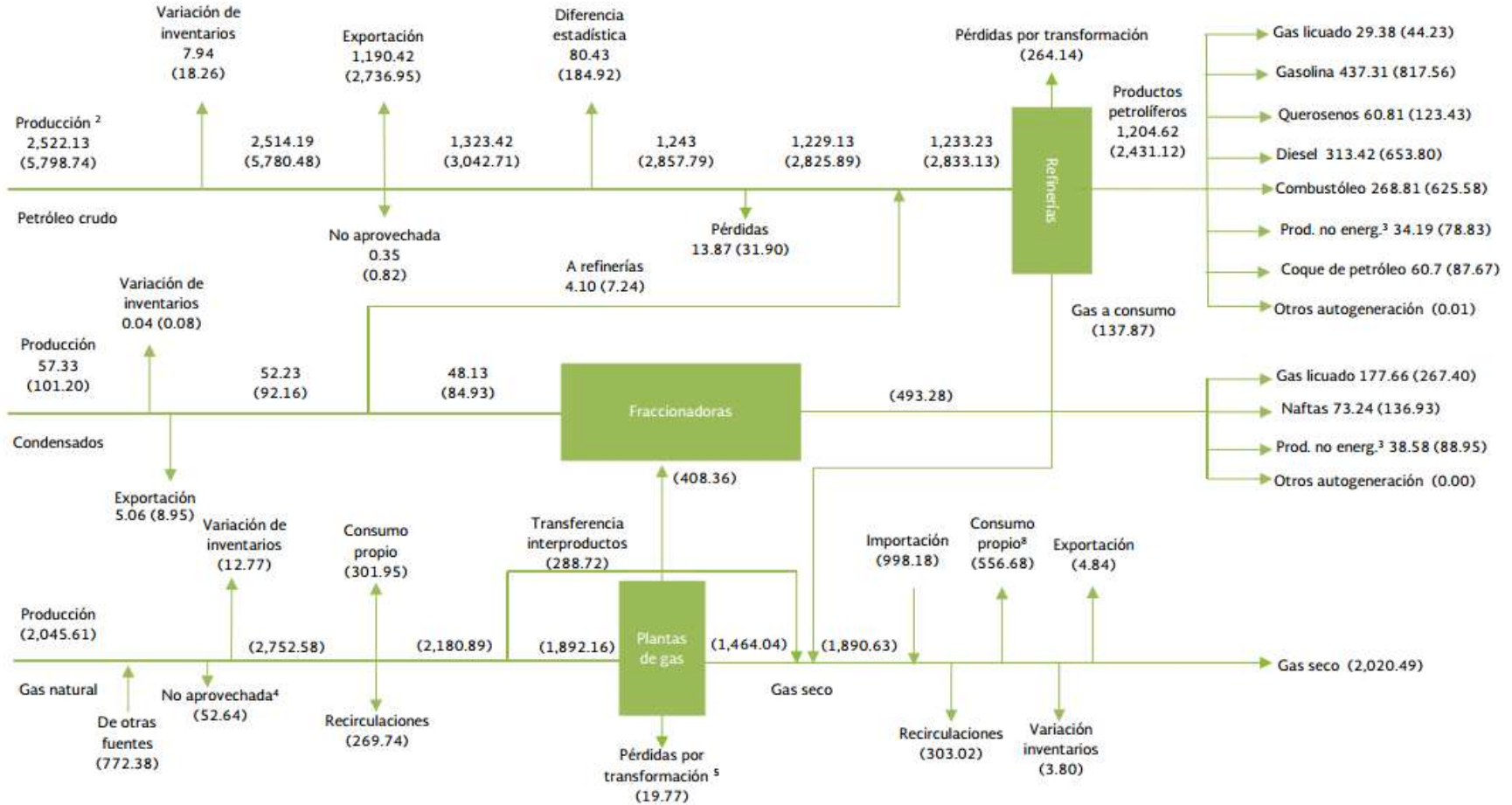
² Carbón: 127.26; Energía solar: 7.14; Bagazo de caña: 62.17; Leña: 255.42

³ Coque de carbón: 58.78; Petrolíferos: 2,756.60; Productos no energéticos: 167.78; Gas seco: 1,601.91; Electricidad: 1,069.85; Otros autogeneración: 4.63.

⁴ Diesel: 28.92; Combustóleo: 415.07; Gas seco: 1,355.46; Coque de petróleo: 36.12; Gas licuado: 0.18; Otros autogeneración: 4.63.

⁵ Coquizadoras: 20.38; Refinerías y despuntadoras: 264.14; Plantas de gas y fraccionadoras: 19.77; Centrales eléctricas públicas: 998.39; Centrales eléctricas PIE: 391.59; Centrales eléctricas autogeneración: 152.78.

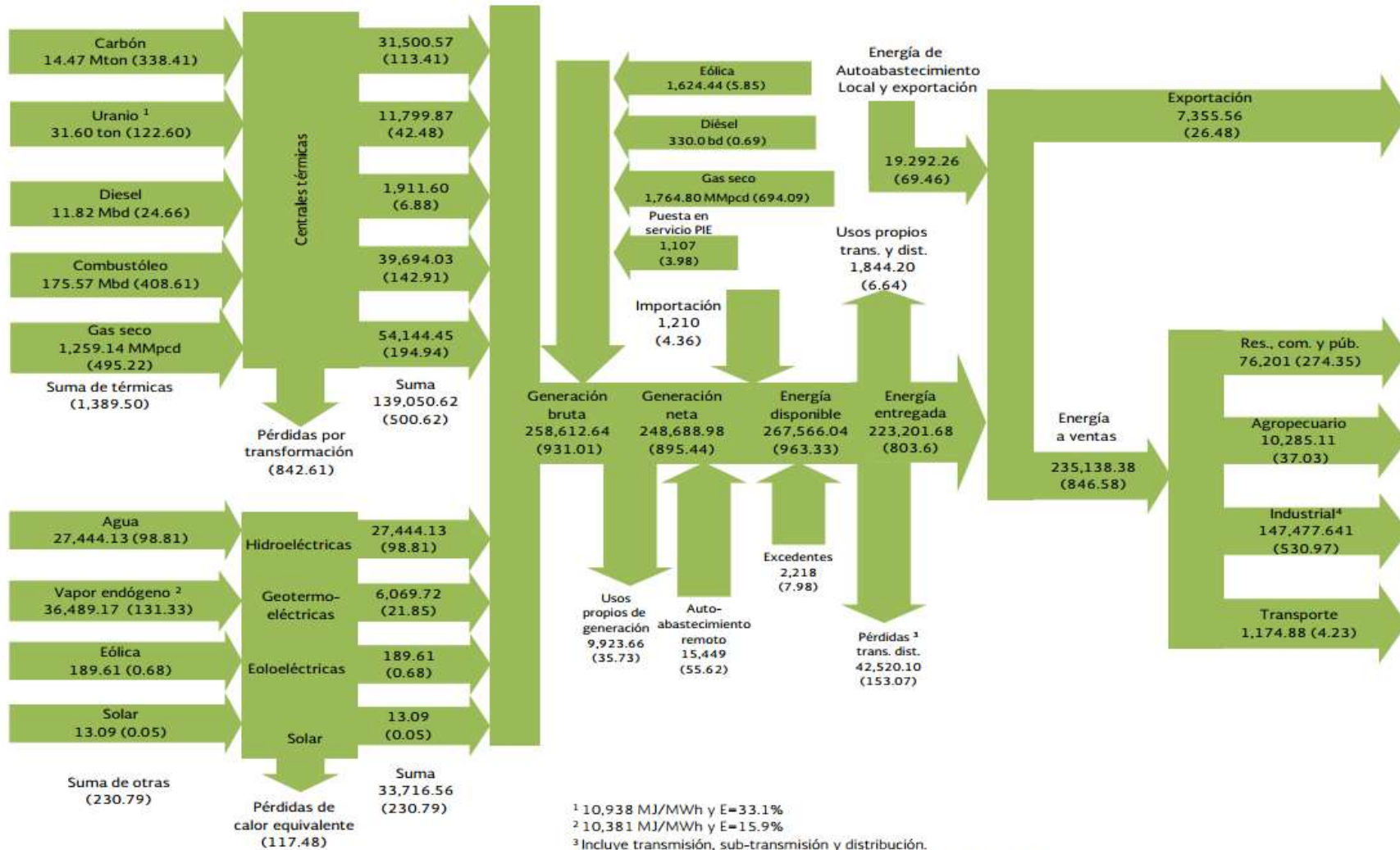
ANEXO 5 BALANCE DE ENERGÍA DE HIDROCARBUROS 2013, MILES DE BARRILES DIARIOS (PJ)



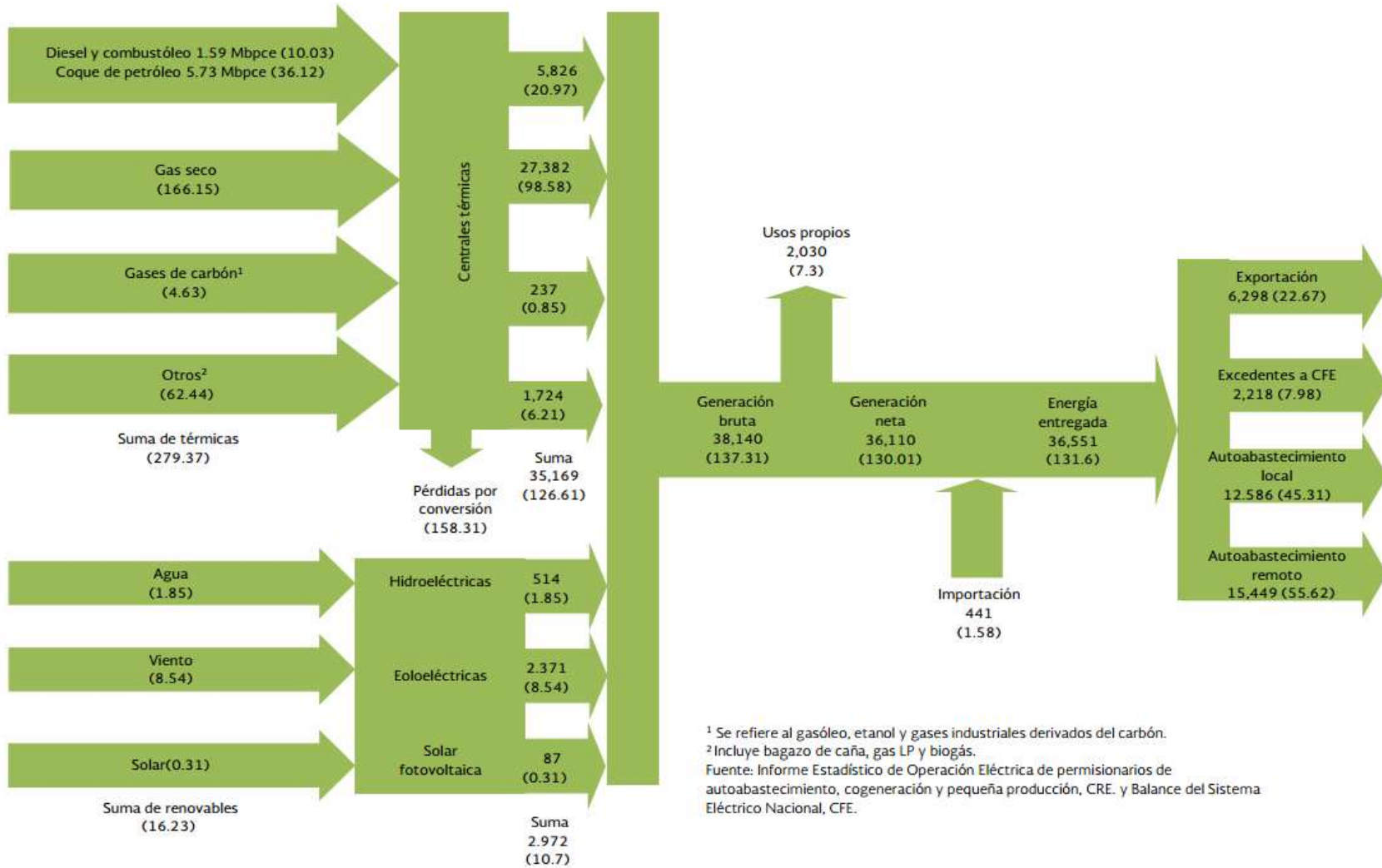
¹ Las cifras entre paréntesis están expresadas en petajoules por año.
² El poder calorífico del flujo de petróleo crudo es de 6,299 MJ/b.
³ Expresado en barriles diarios de petróleo equivalente (bdpe).

⁴ No incluye bióxido de carbono ni nitrógeno.
⁵ Incluye pérdidas en fraccionadoras.
⁶ Incluye el consumo energético de la Petroquímica de Pemex.
⁷ Sólo se refiere al consumo como materia prima.
⁸ Incluye el gas enviado a refinerías.

ANEXO 6 BALANCE DE ELECTRICIDAD SERVICIO PÚBLICO 2013, GWH



ANEXO 7 BALANCE DE ELECTRICIDAD AUTOABASTECEDORA 2013, GWH



ANEXO 8 MATRIZ DE CONGRUENCIA

Planteamiento del problema		Hipótesis	Variables	Indicadores
Identificación	Objetivos			
¿Cuál es la relación de causalidad entre el crecimiento económico, consumo de energía y comercio en México durante el periodo 1968-2013?	Identificar cuál es la relación de causalidad entre el crecimiento económico, consumo de energía y comercio en México durante el periodo 1968-2013.	Existe una relación de causalidad bidireccional entre el crecimiento económico, consumo de energía y comercio en México durante el periodo 1968-2013.	Dependiente: Crecimiento económico (Y)	PIB per cápita: en USD Fuente: Banco Mundial
			Independiente: Consumo de energía eléctrica (CE)	Consumo de energía eléctrica per cápita en millones de kW. Fuente: Banco Mundial
			Independiente: Comercio (EX)	Exportaciones per cápita: en USD. Fuente: Banco Mundial
¿Cuál es la relación de causalidad entre el crecimiento económico y comercio en México durante el periodo 1968-2013?	Determinar la relación de causalidad entre el crecimiento económico y comercio en México durante el periodo 1968-2013.	Existe una relación de causalidad bidireccional entre comercio y crecimiento económico México durante el periodo 1968-2013.	Dependiente: Comercio (EX)	Exportaciones per cápita: en USD. Fuente: Banco Mundial
			Independiente: Crecimiento económico (Y)	PIB per cápita: en USD Fuente: Banco Mundial
¿Cuál es la relación de causalidad entre el	Analizar la relación de causalidad entre el	Hay una relación de causalidad unidireccional del	Dependiente: Crecimiento	PIB per cápita: en USD Fuente: Banco Mundial

crecimiento económico y consumo de energía en México durante el periodo 1968-2013?	crecimiento económico y consumo de energía en México durante el periodo 1968-2013.	consumo de energía hacia el crecimiento económico durante el periodo 1968-2013.	económico (Y)	
			Independiente: Consumo de energía eléctrica (CE)	Consumo de energía eléctrica per cápita en millones de kW. Fuente: Banco Mundial
¿Cuál es la relación de causalidad entre el consumo de energía y comercio en México durante el periodo 1980-2013?	Identificar la relación de causalidad entre el consumo de energía y comercio en México durante el periodo 1968-2013.	Existe una relación de causalidad bidireccional entre el consumo de energía y comercio en México durante el periodo 1968-2013.	Dependiente: Consumo de energía eléctrica (CE)	Consumo de energía eléctrica per cápita en millones de kW. Fuente: Banco Mundial
			Independiente: Comercio (EX)	Exportaciones per cápita: en USD. Fuente: Banco Mundial