

¿Realmente fue positivo el saldo de la privatización de la Reforma Energética en México?

Aldo Iván Varela Costarrica¹ - Universidad Autónoma Metropolitana, México

Carolina Carbajal De Nova² - Universidad Autónoma Metropolitana, México

Resumen

Objetivo: El propósito de este documento es evaluar si fue positivo el saldo de la privatización de la Reforma Energética (RE) en México sobre sus objetivos de aumento de la producción petrolera y baja del precio de la gasolina. Metodología: Se implementa la prueba econométrica de cambio estructural de Chow (1960) en los periodos a analizar son dos sexenios: el primero previo a la RE, bajo la administración del Presidente Felipe Calderón Hinojosa, y el segundo cuando se implementa la RE del Presidente Enrique Peña Nieto. Datos: Se utilizan datos mensuales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el periodo 2006-2016. Resultados: Los resultados empíricos sugieren la inexistencia de un cambio estructural entre los dos sexenios analizados. Aparentemente la RE no logro los objetivos aquí analizados. Originalidad: No se han encontrado estudios previos con análisis econométrico, para evaluar el cambio estructural que supone la RE en México. Por lo anterior, el análisis que se propone en este documento es novedoso. Limitaciones: Esta investigación se limita al estudio de los objetivos de la RE concernientes al aumento de la producción petrolera y baja del precio de la gasolina. Otros objetivos de la RE quedan fuera del alcance de este documento. Análisis posteriores se podrían beneficiar de la introducción de otros objetivos.

Clasificación JEL: P48, Q43.

Palabras clave: reforma energética, cambio estructural, producción petrolera, precio gasolina, México.

Was the balance of the privatization of the Energy Reform in Mexico really positive?

Abstract

Objective: The paper is aimed to assess whether the balance of the privatization of the Energy Reform (RE) in Mexico was positive on its objectives of increasing oil production and lowering the gasoline price. Methodology: the econometric test of structural change from Chow (1960) is implemented. The periods to be analyzed are two six-year terms: the first prior to the RE, under the administration of President Felipe Calderón Hinojosa, and the second when the RE of President Enrique Peña Nieto is implemented. Data: Monthly data from the National Institute of Statistic and Geography (INEGI for its acronym in Spanish) is used for the period 2006-2016. The empirical results suggest the absence of a structural change between the two six-year periods analyzed. Apparently the RE did not achieve the objectives analyzed here. Novelty: No previous studies with econometric analysis have been found to evaluate the structural change that RE supposes in Mexico. Therefore, the analysis proposed in this document is novel. Limitations: This research is limited to studying the objectives of the RE concerning an increase in oil production and a decrease in the price of gasoline. Other objectives of the RE are outside the scope of this document. Further analysis could benefit from the introduction of other objectives.

JEL Classification: C61, C63, G12, G17, G14.

Keywords: Energy reform, structural change, oil production, gasoline prices, Mexico.

¹ Autor de correspondencia. Email: aldocost_16@hotmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5500-5752>

² Email: enova@xanum.uam.mx; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6135-4094>

Los autores desean agradecer a los árbitros anónimos por sus comentarios constructivos y expresar su aprecio por sus sugerencias valiosas.

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación.



1. Introducción

En todo el mundo las últimas décadas han sido dedicadas a la privatización, por un lado, y liberalización, por el otro, de los principales sectores de la economía (Navarro-Rodríguez y Ruiz-Robledo, 2016). Lo anterior, considerando que los sectores energéticos y de servicios ligados a redes se encontraban sometidos a una planificación y gestión estatal, casi siempre en forma de monopolios naturales. Los sectores involucrados en estas reformas de privatización y liberalización son: la energía (petróleo, gas y electricidad), transportes (especialmente el aéreo), telecomunicaciones en todas sus formas, abastecimiento de agua, suelo y servicios urbanos, banca y crédito.

De acuerdo con Wolfgang (2001), la reforma energética (RE) que arrancó en 2000 se vio enmarcada en el proyecto conjunto de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (CEPAL), Asistencia Recíproca Petrolera Empresarial Latinoamericana (ARPEL), Organización Latinoamericana de Energía (OLADE, 1997), y el programa SYNERGY de la Comisión Europea. Este autor menciona que el Mercado Común Europeo y la tendencia hacia la desregulación y la liberación particularmente en el Reino Unido y Escandinavia, dio lugar a un nuevo concepto: “integración del mercado de energía mediante la liberalización.” En América Latina algunos países en los cuales se implementó la reforma energética, señala Wolfgang (2001), son Argentina, Bolivia, Brasil (Programas de Eficiencia Energética) Colombia, El Salvador, Perú (Proyecto de Ahorro de Energía), Guatemala (Téllez-Kuenzler, 1999 y Wolfgang 2001). En el caso de América Latina, las políticas de privatización y liberalización se vincularon con la modernización del sector energético (OLADE, 1997).

En el caso de España la RE tuvo implicaciones normativas y constitucionales. Estas reformas se implementaron para paliar el “déficit de tarifa” en gas, hidrocarburos, energía nuclear y electricidad, que se dijo en su momento implican un peso significativo en las finanzas gubernamentales de ese país (Navarro-Rodríguez y Ruiz-Robledo, 2016). Los autores recién mencionados se enfocan en estudiar las modificaciones legislativas, administrativas y de jurisprudencia constitucional que ayudaron a revertir el déficit de tarifa. Además, mencionan ellos que en el caso de España, los efectos a largo plazo de la RE no fueron considerados.

De acuerdo con IILSEN (2002), en el caso de la reforma al sector eléctrico en Estados Unidos en el estado de California, se utilizó el modelo de Actos y Políticas Reguladoras de la Utilidad Pública (PURPA). PURPA consistió fundamentalmente, en la creación de los Productores Independientes de Energía (PIES) que autoriza la compra de electricidad a un agente comprador mayorista para repartirla a los distribuidores. Los últimos la venderían al consumidor final. Siguiendo con IILSEN (2002) se describe la creación de organismos independientes para la operación del sistema eléctrico (Independent System Operator, ISO), también los organismos operadores del mercado (Power Exchange, PX), y por último, los sistemas de información para la operación de mercados competitivos (Open Access Same Time Information System, OASIS). La reforma del sector eléctrico californiano se basó en la reestructuración y la competencia, sin incluir la privatización, debido a que la mayor parte del sector ya era privado en 1995.

En el caso de México, los procesos de privatización implicaron cambios estructurales en los sectores energéticos del país (Téllez-Kuenzler, 1999). Menciona Téllez-Kuenzler que el cambio estructural se encuentra vinculado con reformas constitucionales, nuevas estructuras industriales, y

cambios en la organización del sector. Este cambio estructural busca una baja considerable de los costos de la electricidad para otras ramas industriales, aumentando, se esperaba, la competitividad de toda la economía mexicana con relación a sus principales socios comerciales. De acuerdo con este autor, el cambio estructural previsto por los cambios en los objetivos de las políticas públicas era el aliviar una presión insostenible, sobre el presupuesto federal y liberar recursos públicos para el gasto social. Aunque Téllez-Kuenzler preveía un cambio estructural en lo normativo, operaciones y funciones con respecto a la RE, este autor no propone método econométrico alguno, para evaluar el cambio estructural que él describe.

Para Breceda (2000) la propuesta de cambio estructural de la industria eléctrica en México responde a la necesidad de reformar el sector eléctrico. Este cambio, argumenta este autor, se dirige a garantizar el abasto futuro de una demanda nacional de electricidad que está creciendo a tasas superiores a las del resto de la economía. El garantizar este abasto, menciona Breceda, implica una nueva realidad tecnológica. La adopción de una nueva tecnología se esperaba, reduciría costos de producción lo que generaría mayor competitividad y protección ambiental. Breceda al igual que Téllez-Kuenzler (1999), tampoco propone un método econométrico o determinístico para evaluar el cambio estructural implicado en la RE.

De acuerdo con la revisión de la literatura relacionada, no se han encontrado estudios previos de un análisis econométrico vinculado al cambio estructural, dada la implementación de la RE en México. Por lo anterior, los autores de este documento consideran que es de vital importancia la determinación cuantitativa del cambio estructural introducido por la RE.

El objetivo de este documento es evaluar el impacto de la RE y el saldo de la privatización, reestructuración y liberalización, en el caso de México. Entre los objetivos principales de la RE se encuentran el crecimiento de la producción petrolera y la baja de los precios de las gasolinas. Cabe recordar que la RE afecta principalmente a Petróleos Mexicanos (PEMEX). PEMEX es una pieza fundamental de la economía mexicana al proporcionar la mayor fuente de ingreso del estado mexicano. PEMEX antes de la RE funcionaba como productora, transportista, refinadora y comercializadora de petróleo y gas natural. El presidente Enrique Peña Nieto y su gobierno (2012-2018), impulsaron una serie de reformas estructurales que pretendían mejorar la calidad de diferentes servicios públicos del país, entre ellas estaba la RE. La RE figuraba como una de las más prometedoras para la economía mexicana, pues con ella se pretendía que los mexicanos pagarán menos por servicios eléctricos, hidrocarburos, gasolinas y gas natural (Arredondo, 2014, Rubio, 2017). Adicionalmente, con la RE se busca proveer los servicios previamente mencionados con una mejor calidad. El argumento fuerte de la RE era que la tecnología privada de última generación se haría presente en el sector energético mexicano a través de procesos industriales más productivos, con respecto a los que se venían empleando previamente (Martínez, 2017, Merchand, 2015).

Hay diversas investigaciones que analizan la evolución de la producción de petróleo en años previos a la RE, como la de Colmenares (2008) quien estudió la producción petrolera en México. Este autor estima que para principios de 2006 la producción de barriles diarios de petróleo era de 4.16 mil barriles diarios. La anterior cifra refleja una producción por encima de los 3 mil barriles diarios

registrados, para ese mismo año. Colmenares resalta la contribución económica del petróleo a las finanzas públicas de nuestro país, hasta el año 2006. La anterior consideración la realiza al analizar 70 años previos al 2006. En otros estudios, se sigue el proceso de la reforma energética observando el precio de los combustibles, en especial el de la gasolina magna. Por ejemplo, Menéndez

(2019) analizó la elasticidad precio de la demanda de la gasolina magna, durante un periodo antes de la aprobación a la RE. Este autor encontró que la elasticidad precio de la demanda de la gasolina magna es negativa. Lo anterior debido a un aumento en el precio de la gasolina magna durante el periodo 2000-2016. Como resultado del aumento en el precio de la gasolina magna, la demanda de ésta disminuyó, de acuerdo con Guzmán (2015) e Ibarra (2008).. Menéndez menciona que la disminución de la demanda de la gasolina magna se acompaña de las existencias, de más y mejores sustitutos como son los biocombustibles y la electricidad. Lo anterior se observa, toda vez que estos sustitutos se distribuyen a menores precios, con respecto al precio de la gasolina magna.

Otros estudios previos, sobre la implementación de la RE hablan de las irregularidades en la licitación de sus contratos. Por ejemplo, Vargas (2015) destaca la forma en que el estado opera a favor de los capitales extranjeros. Estos capitales, menciona esta autora, son aquellos que se apropian de bienes naturales, transformándolos y tomando ventajas de sus cadenas de valor. También, esta autora analiza una de las modificaciones más importantes de la RE, como es la de quitar a PEMEX la exclusividad de la exploración y explotación de los hidrocarburos, así como el resto de actividades de la cadena de valor correspondiente a la industria petrolera. Cabe recordar que PEMEX, antes de la RE se encontraba nacionalizada. De acuerdo con Gabilondo (2000), y Schmidt y Rivera (2015) la RE abre a la privatización las actividades como la exploración y producción petrolera a los capitales extranjeros. Esta privatización se ejecutó a través de contratos entre la Secretaría de Energía y empresas transnacionales.

Por otro lado Vargas (2005) señala que PEMEX y el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) fueron presionados, para ceder información estratégica a empresas privadas. Lajous (2006) señala que estas instituciones fueron comprometidas a entregar información relevante de cada cuenca, campo y yacimiento petrolero, a un centro de información de empresas privadas. En caso de no entregar dicha información, PEMEX y el IMP podrían ser multadas con entre 20 y 100 millones de pesos. También, de acuerdo con Vargas (2005) el valor de una empresa petrolera radica en su libro de reservas de hidrocarburos. Estas reservas son volúmenes de crudo y gas que se acumulan en el subsuelo y están clasificadas por categorías 1P, 2P y 3P. Las reservas probadas 1P son volúmenes de crudo, gas natural y líquidos de gas natural que tienen un alto potencial de recuperación en un tiempo determinado. La reserva categoría 1P ofrece mayor certeza de comercialización, al tener identificado el lugar y el volumen a extraer con base en información geológica. Las reservas probables 2P son volúmenes de hidrocarburos que tienen al menos 50 por ciento de probabilidad de ser extraídos del subsuelo. Las reservas posibles 3P son aquellas donde los hidrocarburos se caracterizan por tener una recuperación comercial menor al de las reservas probables. Las reservas totales de hidrocarburos $3P_t$ (donde el subíndice t indica el total de las reservas) incluyendo las reservas probadas (1P), probables (2P) y posibles (3P) de crudo, gas natural y otros líquidos. La RE estableció que PEMEX debía elegir las reservas con las cuales se quedaría de las categorías antes mencionadas. La versión oficial manejó que PEMEX se quedaba con un 83% de las reservas probadas (1P), y con un 21% de recursos prospectivos. En realidad, a PEMEX no le fueron otorgadas las reservas de la categoría 3P lo que redujo a la mitad las reservas solicitadas. Dado lo anterior, la privatización implicada en la RE alcanzó a una de las últimas empresas cien por ciento nacionales prevaecientes en México.

Con respecto a los sustitutos de los productos petroleros y sus derivados, la RE también busca energías más limpias. De acuerdo con Wolfgang (2001), desde el inicio de la década de los setenta, la mayoría de los gobiernos europeos han venido interviniendo, en el sector energético para estimular el uso eficiente de la energía y sustituir las fuentes de energía no renovables. En la actualidad, estas intervenciones se encuentran alineadas a las metas globales del protocolo de Kyoto, que proponen la disminución en el uso de combustibles fósiles y de emisiones de bióxido de carbono.³ Con lo anterior se trata de frenar las emisiones de gases con efecto invernadero y el cambio climático. En específico la RE busca disminuir en el largo plazo el uso del combustóleo (desperdicio resultado de la refinación del petróleo) que se usa como combustible, en plantas termoeléctricas.

Este documento se organiza como sigue: las estadísticas descriptivas sobre los datos analizados en este estudio se encuentran reportados en la sección uno. También, en esta sección se aportan gráficas que señalan la evolución de las dos variables consideradas para este estudio, como son los barriles diarios producidos, y el precio de la gasolina magna. La sección dos presenta la implementación de la prueba de Chow de manera teórica. Además, en esta sección se presenta una breve explicación sobre la teoría que subyace al modelo de cambio estructural. La sección tres reporta los resultados empíricos del modelo econométrico de series temporales necesarios, para implementar la prueba de cambio estructural de Chow. En esta sección se determina estadísticamente la existencia o no del cambio estructural. Por último, se presentan las conclusiones.

2. Naturaleza y descripción de los datos

2.1 Estadística Descriptiva

Las estadísticas reportadas a continuación son la media, mediana, desviación estándar y la curtosis, para las series temporales de producción de barriles en miles de barriles diarios y precio de la gasolina magna en pesos corrientes.

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas, 2006-2016, observaciones mensuales

	media de la variable (y desviación estándar)	mediana de la variable (y curtosis)
Producción de barriles	2,992.431	2,930.500
	(338.5030)	(3.110327)
Precio gasolina magna	9.857385	9.360000
	(2.567680)	(1.540267)

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) y E-Views 11.

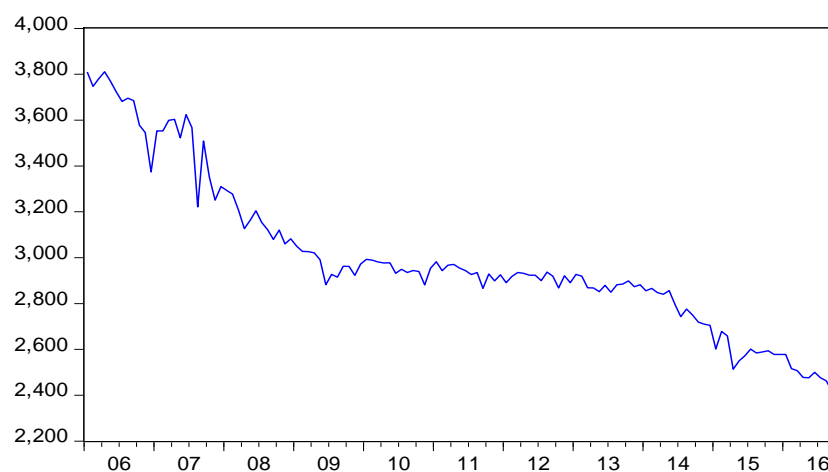
En el cuadro 1 se observa que la producción de barriles de petróleo mantuvo una media de 2,992 miles de barriles diarios. Por su parte, el precio de la gasolina magna presenta un valor medio de 9.85 pesos por litro a lo largo del periodo del 2006 al 2016. El valor mediano de los miles de

³ ONU (2008).

barriles diarios fue de 2,930. Se observa que los valores reportados de la mediana son menores a los de la media para barriles. Lo anterior indica que la producción de barriles tiene una tendencia a disminuir durante todo el periodo de 2006 a 2016. La desviación estándar de la producción barriles arrojó un valor de 338. La dispersión de la producción de la producción barriles diarios durante los diez años observados es considerable, con respecto a la desviación estándar del precio de la gasolina magna. La desviación estándar de la gasolina magna reporta un valor aproximado de 2.57. La curtosis describe una curva de distribución menos afilada, para el caso de la producción de barriles (3.11). Este mismo estadístico para el precio de la gasolina magna es de 1.54. Dados los valores de los estadísticos anteriormente reportados, se deduce que la variable con mayor variación con respecto a su media es la producción de petróleo en miles de barriles diarios. En resumen, en el cuadro 1 se puede observar que entre las variables analizadas la más volátil es la producción de petróleo.

2.2 Análisis gráfico de las series de temporales

A continuación, se muestran tres gráficas generadas con datos mensuales, desde el primer mes del año 2006, y hasta el décimo mes del año 2016. Estas gráficas ayudan a visualizar la evolución temporal de las series temporales reportadas en el cuadro 1.



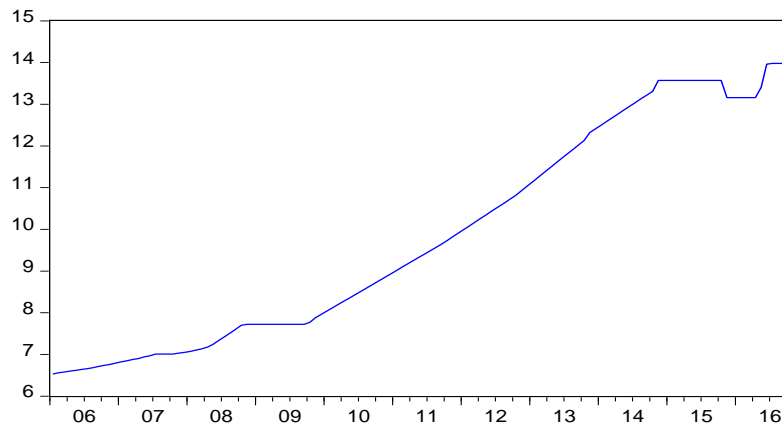
Gráfica 1. México. Producción de barriles de petróleo diarios. 2006-2016.

Miles de barriles diarios. Datos mensuales

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).

La gráfica 1 muestra una producción cercana a los 3.8 mil barriles diarios al inicio del sexenio del Presidente Calderón Hinojosa en 2006. Durante el periodo de 2006 a 2009 la producción de barriles tiene un periodo constante de decrecimiento, alcanzando valores cercanos a 2.9 mil barriles diarios. Esta variable alcanzó un periodo de estabilidad justo a la mitad de su mandato, con una producción promedio de 2.9 mil barriles diarios. En 2014 la producción tiene una caída aún más profunda a la observada en 2007. Para el año 2016, bajo el mando del ex-presidente Enrique Peña Nieto, y con la RE en vigor se alcanza casi los 2.4 mil barriles diarios. La disminución de la producción de petróleo también es descrita por Hernández-Ochoa (2016), para el periodo anual de 1997 al 2014.

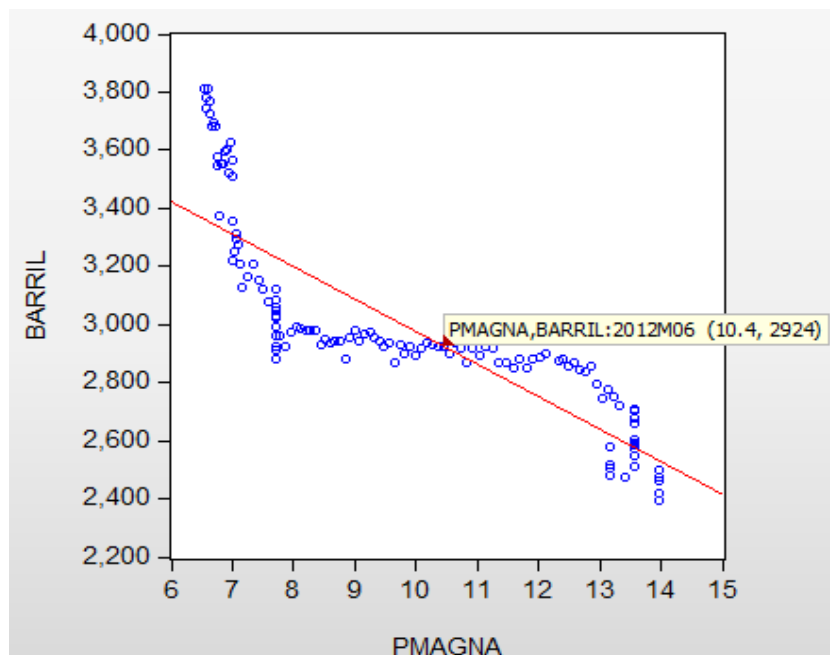
Este autor señala que la producción de petróleo en México ha disminuido, pese al incremento de las inversiones en exploración y producción.



Gráfica 2. México. Precio de la gasolina magna. 2006-2016.
Pesos por litro. Datos mensuales

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).

La gráfica 2 describe que el precio de la gasolina magna rondaba casi los 7 pesos por litro hacia finales de 2006. En 2009 se observa un aumento sostenido en la pendiente del precio de la serie temporal hasta el 2014, donde se incrementa de los 8 pesos hasta los 13 pesos por litro. El anterior incremento se observa a pesar de la aprobación de la RE.



Gráfica 3. México. Precio de la gasolina magna *versus* barriles diarios de petróleo. 2006-2016
Pesos por litro y miles de barriles diarios. Datos mensuales

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) y E-Views 11.

La gráfica 3 de dispersión muestra la nube de puntos correspondientes a las dos variables de este estudio, los barriles de petróleo como variable dependiente y el precio de la gasolina magna como variable independiente. En este tipo de gráfico se señala visualmente la correlación existente entre las variables analizadas. La correlación visualizada indica la dirección de la relación a largo plazo entre estas dos variables. Para todo el periodo analizado se observa que la línea de regresión ajustada a la nube de datos tiene una pendiente negativa. Ésta pendiente indica que hay una relación negativa entre el precio de la gasolina magna y los barriles de petróleo. La etiqueta del punto junio de 2012 separa dos regiones: en la primera región la mayoría de los puntos de dispersión se encuentran por debajo de la línea ajustada; en la segunda región la mayoría de los puntos de dispersión se encuentran por encima de la línea ajustada. Esto indica en su conjunto un cambio en la velocidad de ajuste entre las variables, siendo más lenta antes de junio de 2012 y más rápida después de esta fecha. Estos resultados confirman las tendencias de las series temporales establecidas en el cuadro 1 con respecto a sus volatilidades.

La información estadística descrita en esta sección parece indicar que después de la implementación de la RE, las variables como los miles de barriles producidos diariamente decrecieron con una mayor vitalidad y rapidez. Por su parte, el precio de la gasolina magna se incrementó aceleradamente.

3. Descripción de la metodología econométrica

A continuación, se explican los pasos necesarios para implementar el modelo de cambio estructural de Chow de manera teórica.⁴ La prueba de Chow sirve para determinar en este caso, si existe o no un cambio estructural a partir de la implementación de la RE. Se considera dentro de un modelo donde existe cambio estructural que los valores de los parámetros antes y después de un punto de quiebre son diferentes. La forma general de la prueba de Chow considera tres ecuaciones. La primera de ellas representa el sub-periodo previo a un punto de quiebre dado. La segunda ecuación representa el sub-periodo posterior al punto de quiebre. La tercera ecuación representa la suma de los dos sub-periodos, o alternativamente, el periodo completo de análisis. A continuación, se describen estas tres ecuaciones:

$$\text{Primer sub-periodo} \quad Y_{t_1} = \lambda_1 + \lambda_2 X_t + u_{1t} \quad n_1 \quad (1)$$

$$\text{Segundo sub-periodo} \quad Y_{t_2} = \gamma_1 + \gamma_2 X_t + u_{2t} \quad n_2 \quad (2)$$

$$\text{Periodo completo} \quad Y_t = \alpha_1 + \alpha_2 X_t + u_t \quad n \quad (3)$$

donde Y_t representa la variable dependiente, el subíndice t indica el tiempo con $t_1 = 1, 2, \dots, n_1$, $t_2 = n_1 + 1, n_1 + 2, \dots, n_2$, $t = 1, \dots, n$, $\alpha_1, \gamma_1, \lambda_1$ son los interceptos, $\alpha_2, \gamma_2, \lambda_2$ son las pendientes, X_t es la variable independiente, y u_t es el término de error que se considera independiente e idénticamente

⁴ Gujarati (2003), Chow (1960).

distribuido (i.i.d.). A continuación, se presenta la secuencia de seis pasos que describen detalladamente la prueba de Chow.

Primer paso. La estimación de la ecuación (3), considera todo el periodo de análisis. Sus grados de libertad (*g.l.*) se computan como sigue: $g.l. = n_1 + n_2 - k$, donde k es el número de estimadores calculados.

Segundo paso. Se computa los grados de libertad para el primer sub-periodo representado en la ecuación (1) como sigue: $g.l. = n_1 - k$.

Tercer paso. Se computa los grados de libertad para el segundo sub-periodo representado en la ecuación (2) como sigue: $g.l. = n_2 - k$.

Cuarto paso. Dado que se supone que los residuos son i.i.d. (independiente e idénticamente distribuidos) se pueden sumar SRC_1 (suma de los residuales al cuadrado del primer sub-periodo) y SRC_2 , (suma de los residuales al cuadrado del segundo sub-periodo), para obtener la suma de los residuos al cuadrado no restringidos SRC_{NR} como sigue:

$$SRC_{NR} = SRC_1 + SRC_2 \quad (4)$$

Quinto paso. Calcular la estadística F de Fisher, como se expresa a continuación:

$$F_{cal} = \frac{(SRC_R - SRC_{NR})/k}{(SRC_{NR})/(n_1 + n_2 - 2k)} \sim F_{crítico}[k, (n_1 + n_2 - 2k)] \quad (5)$$

donde F_{cal} se refiere a la estadística F calculada en la ecuación (5) con la suma de los residuos al cuadrado de las ecuaciones (1)-(3), $F_{crítico}$ se refiere a la estadística F de tablas correspondiente al número de grados de libertad k y $n_1 - n_2 - 2k$, SRC_R representa la suma de los residuales al cuadrado de la ecuación estimada correspondiente al periodo completo.

Sexto paso. Verificar si existe un cambio estructural bajo los criterios de Chow, donde la hipótesis nula y alternativa se plantean a continuación:

$H_0: F_{cal} \not> F_{crítico}$, implica que no hay cambio estructural (hipótesis nula).

$H_a: F_{cal} > F_{crítico}$, implica que existe un cambio estructural.

Se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, donde H_0 es la hipótesis nula, y H_a es la hipótesis alterna. La implementación en este caso de la metodología de la prueba de Chow sirve para determinar la existencia de un cambio estructural en las variables analizadas, dado un punto de quiebre determinado.

Este trabajo busca determinar si existe un cambio estructural entre el periodo anterior y posterior a la RE, a través de un modelo econométrico de series temporales. Estas series se les transforma con primeras diferencias de los logaritmos, lo que proporciona información de corto plazo. Esta transformación permite leer directamente los estimadores como elasticidades. Es

importante mencionar, que esta transformación elimina la información estadística de largo plazo incluida en las series temporales. Por este motivo, las tendencias a largo plazo de la RE, como son la sustitución de combustibles fósiles por energías limpias quedan fuera del alcance de la presente investigación.

4. Implementación de la prueba de Chow

Para llevar a cabo la evaluación del saldo de la RE para el caso mexicano se implementa la prueba econométrica de cambio estructural de Chow (1960), en el sector petrolero mexicano, en lo que respecta a la producción de barriles diarios y el precio de la gasolina. Para evaluar empíricamente si ha ocurrido un cambio estructural entre dos sexenios seleccionados, dada la implementación de la RE. Se considera como el primer sub-periodo el sexenio del Presidente Felipe Calderón Hinojosa, y como el segundo sub-periodo el sexenio del Presidente Enrique Peña Nieto. El periodo completo comprende los dos sexenios previamente mencionados. En este documento se considera que la prueba de Chow es estadísticamente apropiada, para determinar si existe un cambio estructural entre sexenios, dada la RE.

$$\text{Primer sub-periodo} \quad 2006-2012 \quad b_{1t} = \lambda_1 + \lambda_2 pmagna_{1t} + u_{1t} \quad n_1 = 84 \quad (6)$$

$$\text{Segundo sub-periodo} \quad 2013-2016 \quad b_{2t} = \gamma_1 + \gamma_2 pmagna_{2t} + u_{2t} \quad n_2 = 46 \quad (7)$$

$$\text{Periodo completo} \quad 2006-2016 \quad b_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 pmagna_{it} + u_{it} \quad n = 130 \quad (8)$$

donde b_{it} es la cantidad de barriles diarios producidos en un mes, $pmagna_{it}$ es el precio de la gasolina magna con i rezagos (con $i = 1, \dots, 12$), el subíndice t se refiere al tiempo, u_t es el término de error que se considera *i.i.d.* Los nombres en minúsculas de las series temporales representan sus primeras diferencias de los logaritmos.⁵

La regresión expresada en la ecuación (8) considera que no hay cambio estructural entre los dos sub-periodos, y por tanto sus estimadores representan la totalidad del periodo consistente en 130 observaciones. Dicho de otro modo, la ecuación (8) supone que la intersección, así como el coeficiente de la pendiente permanecen constantes durante el periodo completo. Lo anterior significaría que el intercepto es igual para las ecuaciones (6), (7) y (8). Es decir:

$$\alpha_1 = \gamma_1 = \lambda_1 \quad (9)$$

donde α_1 es el intercepto del periodo 2006-2016, γ_1 es el intercepto del sub-periodo 2013-2016, y λ_1 es el intercepto del sub-periodo 2006-2012. La ecuación (9) se conoce como la restricción con respecto al intercepto. Un razonamiento similar al de la constante aplica para la pendiente:

$$\alpha_2 = \gamma_2 = \lambda_2 \quad (10)$$

⁵ Las primeras diferencias de los logaritmos permiten leer directamente los estimadores como elasticidades.

donde α_2 es la pendiente del periodo 2006-2016, γ_2 es la pendiente del sub-periodo 2013-2016, y λ_2 es la pendiente del sub-periodo 2006-2012. La ecuación (10) se conoce como la restricción con respecto a la pendiente.

La ecuación (8) se conoce como el modelo restringido puesto que, si fuera verdadera, para todo el periodo los valores del intercepto y de la pendiente serían iguales. Esto se ejemplifica en las ecuaciones (9) y (10).

Los estimadores de las regresiones de las ecuaciones (4) y (5) tendrían que ser distintos, si se asume que hay un cambio estructural. Por ejemplo, $\gamma_1 \neq \lambda_1$, y $\gamma_2 \neq \lambda_2$, respectivamente.

Por último es importante hacer algunas consideraciones técnicas de la prueba estadística del cambio estructural de Chow. Esta prueba supone que los errores u_{1t} y u_{2t} tienen una distribución normal, y poseen varianzas homoscedásticas en los dos sub-periodos analizados. También, asume que la varianza de los errores u_{1t} y u_{2t} son iguales en ambos sub-periodos.

5. Resultados empíricos

Para llevar a cabo el análisis empírico se considera inicialmente el análisis de cointegración entre los miles de barriles producidos diarios y el precio de la gasolina magna. La prueba de cointegración determina si existe una relación verdadera entre ambas variables en el largo plazo. En el siguiente cuadro 2 se presentan los resultados de esta prueba.

Cuadro 2. Resultados de las pruebas de cointegración de Johansen, 2006-2016, observaciones mensuales

Especificación de la ecuación cointegrante	Número de ecuaciones cointegrantes	Valor Eigen	Estadístico de traza	Valor crítico al 0.05	Probabilidad**
Sin tendencia determinista en los datos					
1. Sin tendencia y sin intercepto	Ninguna*	0.1481	20.6683	12.3209	0.0016
2. Intercepto y sin tendencia	Ninguna*	0.1681	23.6288	20.2618	0.0040
Con tendencia determinista					
3. Intercepto y sin tendencia	Ninguna	0.0702	9.1059	15.4947	0.3557
4. Intercepto y tendencia	Ninguna	0.1047	22.3984	25.8721	0.1275
Con tendencia cuadrática determinista					
5. Intercepto y tendencia	Ninguna*	0.1019	21.0013	18.3977	0.0212
n	125				

Notas: La prueba de la traza indica una ecuación cointegrante al nivel del 0.05, * significa rechazo de la hipótesis al nivel del 0.05, ** MacKinnon-Haug-Michelis (1999) valores de p, n es el número de observaciones en la muestra. Variables exógenas no incluidas, los intervalos en los rezagos se seleccionan automáticamente conforme al tamaño de la muestra.

Fuente: estimación propia con base en E-Views 11.

De los resultados de la prueba de cointegración reportados en el cuadro 2 se puede observar, que existen al menos tres ecuaciones cointegrantes entre los barriles y el precio de la gasolina magna. Dado los resultados anteriores se puede decir con una certeza estadística del 95%, que existe una relación verdadera de largo plazo entre las variables analizadas.

Para determinar la causalidad estadística entre estas variables, y así determinar la forma funcional entre ellas, con respecto a la dependencia e independencia entre ellas, se lleva a cabo la prueba de causalidad de Granger. En el siguiente cuadro 3 se reportan los resultados correspondientes.

Cuadro 3. Resultados de las pruebas de causalidad apareadas de Granger, 2006-2016, observaciones mensuales

Hipótesis nula	<i>n</i>	Estadística <i>F</i> de Fisher	Probabilidad
precio magna no causa en el sentido de Granger a barril	129	4.3904	0.0381
barril no causa en el sentido de Granger a precio magna	129	0.6887	0.4082

Notas: el número de rezagos es uno, *n* representa el número de observaciones en la muestra.

Fuente: estimación propia con base en E-Views 11.

Los resultados reportados en el cuadro 3 indican con una certeza del 97% que el precio de la gasolina magna causa a los miles de barriles producidos diariamente. La hipótesis de que los barriles no causan en el sentido de Granger al precio de la gasolina magna no se rechaza. Es decir, la relación de causalidad estadística encontrada en esta prueba señala que la variable dependiente son los miles de barriles de petróleo producidos, mientras que el precio de la gasolina magna se determina como la variable independiente.

Otra consideración importante por realizar, antes de llevar a cabo la estimación econométrica es determinar el grado de integración de las series temporales, con el fin de no reportar estimadores provenientes de una regresión espuria. Para llevar a cabo esta determinación, se utiliza la prueba de raíz unitaria. Los resultados de la prueba se presentan a continuación.

Cuadro 4. Resultados de las pruebas de raíz unitaria Aumentada de Dickey-Fuller, 2006-2016, observaciones mensuales

Variable	Orden de integración	Rezago	<i>t</i> de Student	Probabilidad	Opciones
precio de la gasolina magna	1	4	-3.2856	0.0176	A
			-3.3100	0.0694	B
			-1.9821	0.0458	C
miles de barriles producidos	1	4	-5.5427	0.0000	A
			-5.1543	0.0002	B
			-4.0295	0.0001	C

Notas: A es contante, B tendencia y constante, C ninguno. Las variables entraron a la prueba en niveles.

Fuente: estimación propia con base en E-Views 11.

Con base en los resultados expuestos en el Cuadro 4 se observa que el orden de integración para el precio de la gasolina magna y de los miles de barriles producidos diariamente es uno. Estos resultados señalan que para evitar resultados espurios en la estimación de la forma funcional aquí propuesta entre estas dos series temporales, ellas deben de contener primeras diferencias.

Si se toman en consideración los resultados reportados en los cuadros 2-4, se procede a realizar la estimación de la forma funcional detectada con las pruebas de causalidad de Granger. En el siguiente cuadro 5, se reportan los resultados principales obtenidos de la implementación del modelo econométrico expresado en las ecuaciones (6)-(8).

Cuadro 5. Resultados de las estimaciones de las ecuaciones (6)-(8), 2006-2016, observaciones mensuales, primeras diferencias de los logaritmos

Variable independiente (y error estándar)	Variable dependiente miles de barriles producidos diariamente		
	periodo completo 2006.01 2016.10	primer sub-periodo 2006.01 2012.12	segundo sub-periodo 2013.01 2016.10
Precio de la gasolina magna	-0.3402 (-2.0532)***	-0.3723 (-2.2107)***	-0.4710 (-1.8117)**
MA(1)	-0.4088 (-7.2920)***	-0.4947 (-4.8065)***	
Criterio de información Akaike	-5.16	-4.95	-5.56
Criterio de información Schwarz	-5.09	-4.89	-5.52
Suma de los residuos al cuadrado	0.03947	0.02915	0.00850
n	124	84	46

Notas: ***: significativo al 99%, ** significativo al 95%, * significativo al 90%. MA(1) significa media móvil de orden uno, n es el número de observaciones.

Fuente: estimación propia con base en E-Views 11.

Para el periodo completo, los resultados presentados en la ecuación (8) se tiene que $\alpha_2 = -0.3402$, lo que significa que por 1% de cambio en el precio de la gasolina magna los miles de barriles producidos diariamente variarán en -0.3402%. Adicionalmente, el coeficiente para una media móvil con un rezago es de -0.4088. En este caso, el MA(1) sirve como un elemento de ajuste del modelo, y su interpretación no es económicamente relevante. De acuerdo con los resultados reportados en el cuadro 4, las series temporales correspondientes a los barriles y precio de la gasolina magna son estacionarias en primeras diferencias. Es decir, la media de sus primeras diferencias es cercana a cero. Cabe recordar que, en una regresión en primeras diferencias, el estimador del intercepto proporciona coeficientes cercanos a cero, sin agregar ninguna información útil. Por esta razón, se excluye la constante de los resultados reportados en el cuadro 5.

Para el primer sub-periodo, ecuación (6) el estimador del precio de la gasolina magna es de $\lambda_2 = -0.3723$, lo que significa que por 1% de cambio en el precio de la gasolina magna los miles de barriles producidos diariamente variarán en -0.3723%. Adicionalmente, el estimador para una media móvil con un rezago es de -0.4947. Los comentarios sobre el estimador correspondiente a MA(1) arriba mencionados, también aplican en este caso.

Para el segundo sub-periodo, ecuación (7), se tiene que $\gamma_2 = -0.4710$. El anterior estimador indica que por 1% de cambio en el precio de la gasolina magna los miles de barriles producidos diariamente variarán en -0.4710%. En este caso no fue necesario incluir una media móvil.

Para realizar el computo de la estadística F de la prueba de Chow se siguen los pasos descritos en la sección tres:

Primer paso: $g.l. = 84 + 46 - 2 = 128$, donde k es el número de estimadores calculados, uno para la constante y otro para la pendiente.

Segundo paso: $g.l. = 84 - 2 = 82$.

Tercer paso: $g.l. = 46 - 2 = 44$.

Cuarto paso: $SRC_{NR} = SRC_1 + SRC_2 = 0.029153 + 0.008521 = 0.037674$.

Quinto paso: Calcular la estadística F de Fisher como sigue:

$$F_{cal} = \frac{\frac{SRC_R - SRC_{NR}}{k}}{\frac{SRC_{NR}}{n_1 + n_2 - 2k}} = \frac{\frac{0.03947 - 0.037674}{2}}{\frac{0.037674}{84 + 46 - 2 \cdot 2}} = 2.73.$$

Con $F_{crítico[2,(126)]} = 4.77$.

Sexto paso, H_a : $2.73 \not\geq 4.77$, dados los valores de la estadística F de Fisher arriba calculado y del F crítico de tablas, se rechaza la hipótesis alterna de que existe cambio estructural. Es decir, se acepta la hipótesis nula de que no hay cambio estructural dada la implementación de la RE.

El resultado de la prueba de cambio estructural de Chow permite inferir estadísticamente que las políticas públicas que acompañaron a la RE continuaron las tendencias de la administración del Presidente Felipe Calderón Hinojosa de reducir el nivel de producción de barriles diarios y aumentar el precio de la gasolina magna.

6. Conclusiones

Este trabajo aporta estadísticas descriptivas, gráficas, resultados de pruebas estadísticas y de estimaciones econométricas y el computo de la prueba de cambio estructural de Chow, los cuales ayudan a una mejor comprensión sobre el impacto de la RE en la producción y precios de los hidrocarburos en la economía mexicana, bajo los sexenios de Calderón y de Peña. Los resultados paramétricos del cambio estructural reportados en el cuadro 5 y el cálculo de la F estadística de la prueba de Chow rechazan la hipótesis nula de cambio estructural. Lo anterior permite inferir con un 99% de significancia estadística la inexistencia del cambio estructural asociado a la RE de un sexenio

a otro. Bajo esta perspectiva se puede decir que aparentemente la RE no causó un cambio estructural sobre la producción y precios de los hidrocarburos en México. Aparentemente, se continuó con las tendencias del gobierno Calderonista de reducir el nivel de producción de barriles diarios y aumentar el precio de la gasolina magna.

Por lo arriba mencionado se puede inferir que el discurso de la administración de Enrique Peña Nieto asociado a la RE, sobre alcanzar un mayor nivel de producción de hidrocarburos con menores precios aparentemente no se vio reflejado en la realidad. Es decir, no se logró el aumento de la producción petrolera antes de 2018. Tampoco, la implementación de la RE logró la disminución paulatina del precio de la gasolina magna.

No se han encontrado estudios previos con análisis econométrico, para evaluar el cambio estructural que supone la RE en México. Por lo anterior, el análisis que se propone en este documento es novedoso. Esta investigación se limita al estudio de los objetivos de la RE concernientes al aumento de la producción petrolera y baja del precio de la gasolina. Otros objetivos de la RE quedan fuera del alcance de este documento. Análisis posteriores se podrían beneficiar de la introducción de otros objetivos.

Referencias

- [1] Arredondo, A. N. (2014). La Reforma Energética y su Vínculo con la Transparencia Presupuestaria. *Mirada Legislativa*, IBD. Recuperado de: <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/handle/123456789/1991>
- [2] Breceda, M. (2000). Propuesta de Cambio Estructural de la Industria Eléctrica en México. *Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte*. Recuperado de: <http://www3.cec.org/islandora/es/item/1611-debate-reform-electricity-sector-in-mexico>
- [3] Chow, G.C. (1960). Test of Equality Between Sets of Coefficients in Two Linear Equations. *Econometría*, 28(3), 591-605. DOI: <https://doi.org/10.2307/1910133>
- [4] Colmenares, F. (2008). Petróleo y Crecimiento Económico en México 1938-2006. *Economía UNAM*, 5(15), 53-65. Recuperado de: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/pde/article/view/7360/6855>
- [5] Gabilondo, L.A. (2000). La Inversión Extranjera Directa Española en América Latina. El caso de Repsol-YPF. *Problemas del Desarrollo*, 31(123), 181-190. DOI: <https://doi.org/10.18356/89bd3721-es>
- [6] Gujarati, D. (2003). *Econometría*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- [7] Guzmán, E.H. (2015). *Espejismo Energético*. Maestrías UDLAP. Recuperado de: <http://blog.udlap.mx/wp-content/uploads/2016/03/Espejismo-energetico.pdf>
- [8] Hernández-Ochoa, C.E. (2016). Reforma Energética: Política Industrial para el Cambio Estructural. *SENER Secretaría de Energía*. Recuperado de: https://periododesesiones.cepal.org/36/sites/pses36/files/presentations/cesar_hernandez_0.pdf
- [9] Ibarra-Salazar, J., y Sotres-Cervantes, L. (2008). La Demanda de Gasolina en México: el Efecto en la Frontera Norte. *Frontera Norte*, 20(39), 131-156. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctv26d8jg.8>
- [10] IILSEN. (2002). Reforma al Sector Eléctrico. Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República. Recuperado de: http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/bitstream/handle/123456789/1719/Reforma_Sector_Electrico.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [11] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Subsector petrolero* [base de datos] recuperado en febrero. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>

-
- [12] Lajous, A. (2006). México: Producción y Reservas de Petróleo y Gas Natural. *Este País*, 186, 36-48. Recuperado de: https://petroleo.colmex.mx/images/stories/archivos/misc/lajous_mexico_produccion.pdf
- [13] MacKinnon, J.G., Haug, A.A. y Michelis, L. (1999). Numerical Distribution Functions of Likelihood Ratio Tests for Cointegration. *Journal of Applied Econometrics*, 14(5), 563-577. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-1255\(199909/10\)14:5<563::aid-jae530>3.0.co;2-r](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-1255(199909/10)14:5<563::aid-jae530>3.0.co;2-r)
- [14] Martínez-Lara, M.E. (2017). La Reforma Energética 2013. Un Análisis de Política Pública. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de la Ciudad de México: Colegio de Humanidades y Ciencias Sociales, Licenciatura en Ciencia Política y Administración Urbana. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0188-9478\(16\)30087-1](https://doi.org/10.1016/s0188-9478(16)30087-1)
- [15] Menéndez-Vázquez, A. (2019). Liberalización y Análisis de Bienestar Económico Ex-ante. El Caso de la Gasolina Magna en México. Tesis Doctoral, Centro de Investigación y Docencia Económicas, A.C. DOI: <https://doi.org/10.24201/es.2017v35n104.1526>
- [16] Merchand, M.A. (2015). Estado y Reforma Energética en México. *Problemas del Desarrollo*, 46(183), 117-139. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iiiec.20078951e.2015.183.52627>
- [17] Navarro-Rodríguez, P. y Ruiz-Robledo, A. (2016). La Reforma Energética en España: Análisis Constitucional y Administrativo. *Revista CEFLEGAL*, 189, 75-116. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5804997>
- [18] OLADE. (1997). La Modernización del Sector Energético en América Latina y el Caribe. Marco Regulatorio, Desincorporación de Activos y Libre Comercio. *Organización Latinoamericana de Energía*. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctv18mspvz.4>
- [19] ONU. (2008). Kyoto Protocol Reference Manual. On Accounting of Emissions and Assigned Amount. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Recuperado de: https://unfccc.int/sites/default/files/08_unfccc_kp_ref_manual.pdf
- [20] Rubio, J. (2017). Usos Políticos del Imaginario Social: el Caso de la Reforma Energética en México. *Revista Eduser Educación*, 8(2), 62-72. DOI: <http://dx.doi.org/10.34620/eduser.v8i2.71>
- [21] Schmidt, S., y Rivera, R. (2015). La Doctrina del Shock en México. Los Cambios Neoliberales Estructurales Arriban del Exterior. *Revista Forbes México*. Recuperado de: <https://www.forbes.com.mx/la-doctrina-del-shock-en-mexico-los-neopols-en-el-poder-i/>
- [22] Téllez-Kuenzler, L. (1999). Propuesta de Cambio Estructural de la Industria Eléctrica en México. *Comercio Exterior*, 355-361. Recuperado de: <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/281/7/RCE7.pdf>
- [23] Vargas-Suárez, R. (2015). Reforma Energética: de Servicio Público a Modelo de Negocios. *Política y Cultura*, 43, 125-145. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-77422015000100007