

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE IMPORTACIÓN DE GAS NATURAL EN MÉXICO: Modelo de Rezagos Distribuidos Autorregresivos (ARDL)

Liliana González¹, Vania Campos, Sofía Guzmán, Víctor Gómez, José Hernández²

NATURAL GAS IMPORT DEMAND ESTIMATION FOR MEXICO: Autoregressive Distributed Lag Model (ARDL)

Abstract

The present study aims to estimate the import demand for natural gas from the United States to Mexico, as well as the level of price elasticity of demand in the period January 2000 – January 2022. The theoretical basis of the demand function corresponds to that proposed by Leamer and Stern (1970), which depends on the national income, the price of national imports, and the price of national goods. An Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model was used to estimate such demand. In accordance with the economic theory, results uphold all expected signs. Moreover, results exhibit an inelastic import demand for natural gas, evidencing Mexico's vulnerability and commercial dependence on the United States fuel.

Keywords: *Natural gas, import demand, Autoregressive Distributed Lag Model.*

Resumen

El presente trabajo plantea estimar la demanda de importación de gas natural entre México y Estados Unidos, así como el nivel de elasticidad precio de dicha demanda en el periodo enero 2000 – enero 2022. La base teórica de la función de demanda es la propuesta por Leamer y Stern (1970), la cual depende del ingreso nacional, el precio de las importaciones nacionales y el precio de los bienes nacionales. Se utilizó el modelo de Rezagos Distribuidos Autorregresivos (ARDL) para obtener la demanda por importaciones y a partir de dicha estimación se encontraron signos esperados de acuerdo con la teoría económica. Los resultados demostraron que la demanda de importación de gas natural es inelástica, mostrando una vulnerabilidad energética y dependencia comercial por parte de México hacia el energético estadounidense.

Palabras clave: *Gas natural, demanda por importaciones, Modelo de Rezagos Distribuidos Autorregresivos.*

¹ Dirección de contacto: lilianagvz@hotmail.com

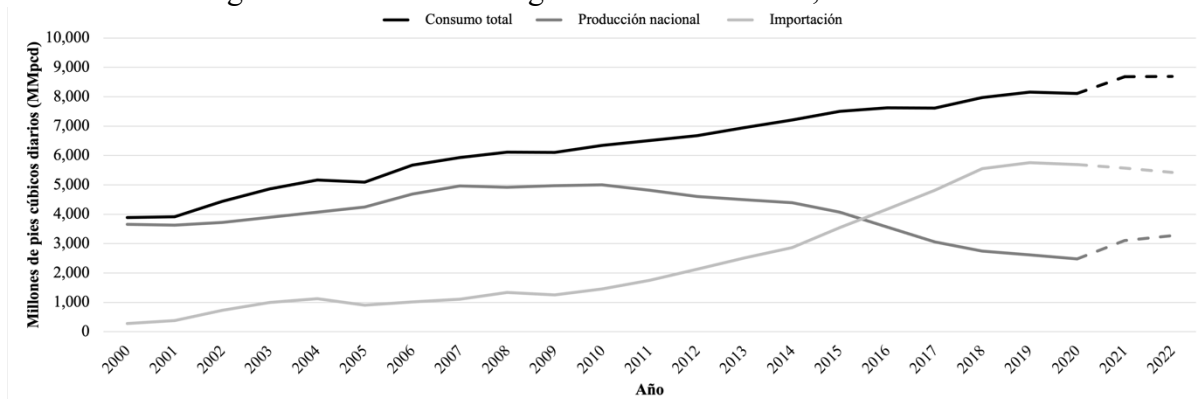
² Agradecemos al Dr. José de Jesús Salazar Cantú por su papel como tutor durante la elaboración del estudio, así como al Dr. Rafael Navarro Aguirre por el apoyo brindado. Los puntos de vista expresados en este documento corresponden únicamente a los autores y no necesariamente reflejan las ideas del ITESM.

INTRODUCCIÓN

El Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), ahora Tratado entre México, Estados Unidos (EUA) y Canadá (T-MEC), fomenta la integración y seguridad energética de América del Norte, con conexiones de electricidad y gasoductos en toda la región (Rodríguez, 2018). Sin embargo, México entró en una situación de dependencia rígida y de vulnerabilidad que revela la inseguridad energética por los riesgos asociados al abasto de gas natural desde EUA, por ello se alienta a determinar los niveles “seguros” de riesgos para identificar si existe la necesidad de disminuir la dependencia energética con políticas comerciales que diversifiquen, tanto sea posible, con un consumo racional y eficiente (Rodríguez, 2018).

México se ha convertido en un importador neto de gas natural, con una fuerte dependencia externa al hidrocarburo proveniente de EUA, el cual es “barato, abundante y cercano”, ya que, de acuerdo con la Administración de Información Energética de Estados Unidos (2021) en el 2016, las ventas de gas natural a México representaron el 60% de las exportaciones estadounidenses de este hidrocarburo. Aunado a esto, el mecanismo de establecimiento de precios en México subestima el precio de mercado del gas natural al no considerar los costos de transporte e inversión de una red nacional de gasoductos (Secretaría de Energía, 2012). Por lo tanto, el menor precio de venta incentiva el crecimiento del consumo y la disminución de la producción por menores rentabilidades, y ante esta brecha entre la demanda y la producción nacional, México recurre a las importaciones (ver Figura 1). De acuerdo con el Sistema de Información Energética (2021), el peso de las importaciones del gas natural en el consumo nacional ha representado una dependencia bruta del 73.3% en el 2021; sin embargo, al excluir el consumo del sector petrolero, la dependencia neta es de 94.1% para el mismo año (Figura 2).

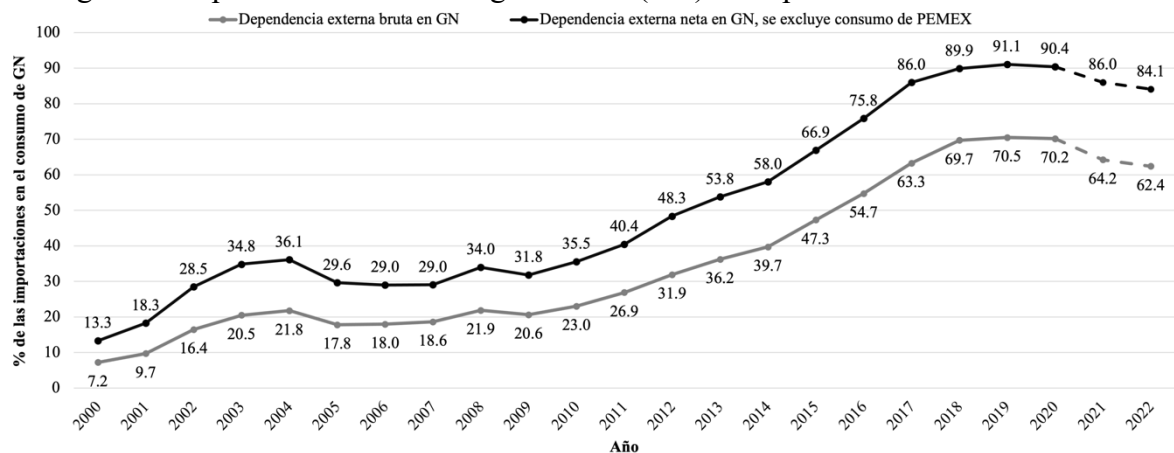
Figura 1. Indicadores del gas natural en México, 2000-2021



Nota: Los datos para 2021 y 2022 corresponden a pronósticos del balance de gas natural seco en escenario máximo, 2017-2032

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética (2021)

Figura 2: Dependencia externa en gas natural (GN) en el periodo del 2000-2021



Nota: Los datos para 2021 y 2022 corresponden a pronósticos del balance de gas natural seco en escenario máximo, 2017-2032

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética (2021)

El presente estudio está motivado por las líneas de investigación sugeridas en Zenteno, Peña, Lopez y Petz (2013), quienes invitan a realizar estimaciones de mercados con niveles de dependencia importadora similares a lo que presentan en su estudio sobre importaciones mexicanas de maíz. Adicionalmente, la dependencia del gas natural proveniente de Estados Unidos para la generación eléctrica nacional mexicana es similar a la dependencia de maíz estadounidense que tiene México, pues la nación mexicana importa el 95% de las compras de dicho energético del país vecino (García, 2021). De igual manera, uno de los estudios que aborda el mercado del gas natural en México es el realizado por Hernández, Ortiz, Rabelo, Urbina y Pérez Pria (2010), quienes pronostican el precio del gas natural en México a partir de variables fundamentales directamente relacionadas con la oferta y demanda de mercado. Por tanto, el objetivo de esta investigación es estimar la demanda de importaciones de gas natural en México proveniente de Estados Unidos, encontrar el grado de elasticidad al igual que determinar el grado de dependencia comercial de los mexicanos a este energético estadounidense.

El estudio de una función de demanda de importaciones genera directrices de política importantes, como la sensibilidad a cambios en los ingresos y precios relativos (Tellauche, 2019), de modo que, al no existir hasta el momento un estudio enfocado exclusivamente a la determinación de la demanda de importaciones de una fuente de energía de vital importancia para el correcto funcionamiento de las industrias mexicanas, como lo es el gas natural, dará pie al buen diseño y orientación de políticas comerciales. Adicionalmente, el poder identificar las principales variables que afectan el comportamiento de las importaciones puede ayudar a los responsables de la política a diseñar y evaluar la sostenibilidad de una estrategia económica (Santos-Paulino, 2002).

Los sucesos acontecidos recientemente (como la creciente escasez de los combustibles y el aumento de precios de los mismos), aunado a la dependencia que México tiene hacia las importaciones de gas natural demuestran que este es un tema de urgencia, por lo que las autoridades deberían tomarlo en cuenta y priorizar áreas como la eliminación de barreras para fomentar la inversión en fuentes de energía renovables, al igual que políticas

enfocadas en incentivar patrones de producción y consumo sostenibles, así como la difusión de tecnologías que promuevan una mayor eficiencia energética (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2008).

En la presente investigación se adaptó la función de demanda por importaciones propuesta por Leamer y Stern (1970) de la siguiente manera: la variable dependiente M_t representando la cantidad de importación de gas natural entre la nación mexicana y su homóloga estadounidense a través del tiempo; Y_t^d como el índice de volumen físico de la producción de gas natural de México y P_t la razón del precio del gas natural estadounidense entre el mexicano (P_t^d/P_t^m). Tanto Y_t^d como P_t tienen una relación inversa con M_t . Adicionalmente, a través del Modelo de Rezagos Distribuidos Autorregresivos (ARDL) y con una modificación de la función a una logarítmica para mejorar la interpretación de los datos, se estimó la elasticidad precio directa de la demanda por importaciones del energético en cuestión y con ello se determinó la dependencia de México con el gas natural estadounidense. Los resultados demuestran que dicha demanda fue inelástica de enero de 2000 a enero de 2022, hecho que pone en evidencia la gran dependencia por importaciones de este producto extranjero.

Con base en lo anterior, el presente documento se divide en V secciones. En primera instancia, se encuentra el marco teórico del concepto de oferta y demanda por importaciones y elasticidades, seguido por la sección de revisión de literatura. En tercer lugar, se presenta la metodología a implementar y una descripción de los datos utilizados en el análisis. En la sección IV se exponen los resultados obtenidos en el análisis para cada metodología, seguido de las conclusiones y recomendaciones de futuras líneas de investigación.

MARCO TEÓRICO

De acuerdo con Krugman y Obstfeld (2006), la demanda de importaciones de un país (local) se refiere al exceso de lo que los consumidores nacionales demandan sobre lo que los productores de la misma nación tienen para ofrecer y, por otro lado, definen oferta de exportaciones de un país como el exceso de lo que los productores nacionales ofrecen sobre lo que los consumidores nacionales demandan. Ambos autores también mencionan que, en la demanda de importaciones, a mayor precio de cierto bien o servicio, los consumidores de ese país demandarán menos y, por otro lado, los productores nacionales ofrecerán más; razón de su pendiente negativa. Cabe recalcar que la estimación de la demanda de importaciones es importante, entre otras cosas, porque permite estimar el multiplicador de la inversión en una economía abierta, al igual que estimar cuánto crecimiento del producto es posible obtener de un crecimiento dado de las exportaciones (Romero, 2014).

La ley de demanda establece que, a mayor precio de un bien, menor será la cantidad demandada del mismo y entre más bajo sea el precio, mayor será la cantidad demandada, manteniendo todos los demás factores constantes. Las razones por las que esto sucede es por el efecto sustitución y el efecto ingreso. El primero establece que, si el precio de un bien sube, su precio relativo, conocido como costo de oportunidad, aumentará y esto dará

pie a que dicho bien se pueda sustituir por otros. Por otro lado, el efecto ingreso demuestra que cuando un precio aumenta y el nivel de ingreso se mantiene igual, las personas ya no pueden adquirir los mismos bienes y/o servicios que antes, razón por la cual tendrán que disminuir las cantidades demandadas del bien que se encareció (Parkin, 2015). Adicionalmente, según la teoría económica se sabe que “las funciones de demanda individuales son homogéneas de grado cero en todos los precios y los ingresos” (Nicholson, 2008, 122); esto quiere decir que una función f es homogénea de grado cero cuando al duplicar los argumentos, no se modifica de ninguna manera el valor de f .

El modelo de demanda por importación es conceptualmente igual que el modelo tradicional de la demanda. Según Leamer y Stearn (1970) la cantidad de importaciones (M) dependerá negativamente del precio de las importaciones (P_m) y positivamente del precio de otros bienes de consumo (P_y) y del nivel de ingreso nacional (Y), de manera que la ecuación de demanda por importaciones se define como:

$$M = \frac{V_M}{P_M} = f(P_m, P_y, Y) \quad (1)$$

Donde: V_M = valor de las importaciones.

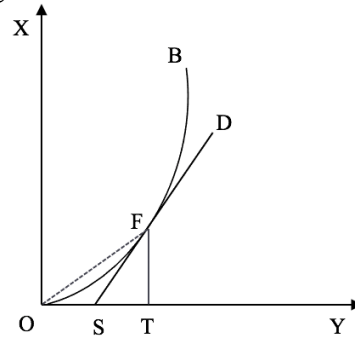
Al introducir el concepto de elasticidades, se puede decir de modo general: la elasticidad (o correspondencia) de la demanda en un mercado es grande o pequeña según si la cantidad demandada aumente mucho o poco frente a una baja de precios dada, o disminuya poco o mucho frente a un alza de precios dada (Marshall, 1957).

La elasticidad mide, en términos generales, el grado de respuesta de una variable a los cambios de otra. Así la elasticidad precio de la demanda mide las variaciones porcentuales de ésta ante un cambio en el precio de la mercancía demandada, la elasticidad de oferta registra los cambios de la cantidad de una mercancía que se produce ante una variación de los precios y la elasticidad cruzada de la demanda mide el incremento o reducción en la demanda de una mercancía cuando se produce un cambio en el precio de otra. (Sabino, 1991, 151)

A mayores variaciones en la cantidad de demanda por importaciones a causa de cambios en el ingreso existirá una mayor sensibilidad ($\epsilon > 1$). Por lo contrario, entre menor sea el nivel de elasticidad ($\epsilon < 1$), se puede decir que la sensibilidad a dejar de demandar importaciones es baja o inelástica.

Al extrapolar este planteamiento microeconómico al contexto del comercio internacional, existen 2 modelos distintos que establecen que es posible encontrar la elasticidad de la demanda por importaciones y/o de oferta por exportaciones para un bien en específico. El primero lo hace a través de la curva de oferta comercial empleada por Borkakoti (citado en Zenteno et al. 2013). La figura 3 representa la razón del cambio porcentual de importaciones y exportaciones, lo cual se ilustra en el segmento FT/ST para el bien X y FT/OT para el bien Y.

Figura 3: Curva de oferta comercial (COC)



Fuente: Borkakoti (Citado en Zenteno et al., 2013)

Lo que compete a esta investigación es la elasticidad de la demanda por importaciones, la cual es expresada de la siguiente manera:

$$\epsilon = -\frac{dx \cdot y}{dx(x \frac{dy}{dx} - y)} = \frac{y}{(y - x \frac{dy}{dx})} = \frac{OT}{(OT - FT \frac{ST}{FT})} = \frac{OT}{(OT - ST)} \quad \epsilon = \frac{OT}{OS} \quad (2)$$

$$\epsilon = -\frac{e_f}{e_f - 1} \quad (3)$$

La ecuación (2) se refiere a la razón del cambio porcentual en la cantidad de importaciones y el cambio porcentual en los precios relativos. Por lo que al dividir esta ecuación entre el negativo del diferencial de los bienes de importación (X) y exportación (Y) “-dX/Y” se obtiene la elasticidad en términos de la curva de oferta comercial representada en la ecuación (3), donde ϵ se refiere a la elasticidad precio de la demanda de importaciones en el largo plazo.

El segundo modelo es el de Krugman y Obstfeld (2006), quienes mencionan la condición de Marshall-Lerner en su análisis. Dicha condición establece que, manteniendo todo lo demás constante, una depreciación en el tipo de cambio real provocará un superávit en la cuenta corriente de un país. Para términos formales, las elasticidades de la demanda de exportaciones e importaciones en esta perspectiva son expresadas en términos del tipo de cambio y se llega a la condición de que la suma de ambas elasticidades deberá ser mayor a 1 para que se cumpla esta mejora en la balanza.

$$\frac{\Delta CC}{\Delta q} = X_q - (q^2 \cdot X_q^*) - X^{*1} \quad (4)$$

$$\eta = (q^1/X^1)X_q \quad (5)$$

$$\eta^* = -(q^1/X^{*1})X_q^* \quad (6)$$

Las ecuaciones representan el cambio en la cuenta corriente ante variaciones en el tipo de cambio, la elasticidad de la demanda de exportaciones y la elasticidad de la demanda de importaciones respectivamente (“q” representa al tipo de cambio y “X” a las exportaciones); con ellas se realizaron estimaciones empíricas para comprobar el supuesto de Marshall-Lerner y serán analizadas posteriormente.

Finalmente, autores como Leamer et al. (1970) demostraron que es posible obtener la relación conductual de la demanda de importaciones-exportaciones de bienes y servicios y múltiples variables explicativas a través del método tradicional de regresión por mínimos cuadrados multivariados aplicado a series de tiempo. Esta metodología será analizada en la siguiente sección utilizando los conceptos y teorías previamente abordados para cumplir con los objetivos de la presente investigación: estimar la demanda de importaciones de gas natural entre México y Estados Unidos, así como determinar su respectiva elasticidad precio de la demanda de importación, al igual que la dependencia mexicana de este recurso energético estadounidense para el periodo enero 2000 - enero 2022. Enseguida se muestran la metodología y el origen de los datos utilizados para la ejecución de los objetivos antes mencionados.

REVISIÓN DE LITERATURA

Investigaciones previas han propuesto caminos para estimar la demanda por importaciones, así como las elasticidades ante cambios estructurales en economías mundiales. A partir del trabajo de Leamer et al. (1970) se tuvo el primer acercamiento a dicha estimación utilizando variables explicativas como lo son el ingreso, el precio por importaciones y los precios relativos de sustitutos nacionales. Goldstein y Khan (1976) continuaron las líneas de investigación teóricas de Leamer y Stern (1970) utilizando un modelo de bienes sustitutos perfectos para obtener la demanda de importaciones. La justificación detrás de su propuesta metodológica es que el supuesto implícito de que las elasticidades de la demanda de importaciones con respecto a los precios relativos y el ingreso son constantes para todos los valores de las dos variables explicativas, es inherente al uso de una forma funcional log-lineal para la ecuación de importación. Debido a esto y dado que la especificación de doble logaritmo (en contraste con una especificación lineal) produce estimaciones directas de las elasticidades del precio relativo y del ingreso para las importaciones, les resultó más conveniente utilizar esta forma funcional.

Algunos ejemplos de la aplicación metodológica de esta estimación para el campo mundial es la abordada por Altinay (2007), en la cual se estiman las elasticidades de corto y largo plazo de la demanda de importación de petróleo crudo para Turquía en el periodo 1980-2005; Sawyer y Sprinkle (1996) analizan y comparan las elasticidades ingreso y precio de la demanda de importaciones de Estados Unidos y Kani, Abbasspour y Abedi (2013) estiman la función de demanda de gas natural para Irán en el periodo 1971-2009. El método empleado por Altinay (2007) es el reciente enfoque del Modelo de Rezagos Distribuidos Autorregresivos (ARDL) condicional a la aprobación de la prueba de cointegración de dos modelos: el primero empleando el precio real del petróleo crudo en moneda doméstica y el segundo usando el precio nominal del petróleo crudo en USD. Por otro lado, Sawyer y Sprinkle (1996) abordaron esta estimación por el método de especificación de la razón de precios (en el cual, la demanda de importaciones depende positivamente del ingreso nacional y negativamente del cociente del precio de las importaciones -generalmente se utiliza el índice de valor unitario de importación- y de los precios domésticos - índice de precios mayoristas-) y por el de cointegración (en este modelo no se emplea la razón de precios, sino que se analizan estos componentes por separado: PM tiene una relación

indirecta con las importaciones, mientras que precios domésticos (PD) una positiva). En contraste, Kani et al. (2013) parten de un modelo de regresión de transición suave de dos regímenes utilizando el producto interno bruto (PIB), el precio real del gas natural y la temperatura como variables explicativas de la demanda del gas natural. Adicionalmente, Shaikh, Ji, Hameed, Hussain y Aslam (2017) estimaron la demanda de gas natural y el nivel de dependencia importadora de China por medio de la optimización de dos modelos no lineales: el modelo Grey Verhulst y el modelo Grey Bernoulli, en los cuales se utilizaron variables como la tasa de urbanización, el porcentaje de la población con acceso al gas natural, la oferta del gas urbano total, entre otras. Por otro lado, dadas las consecuencias del cambio climático las naciones han tenido que pensar en un plan alternativo para mitigar los daños que han causado acciones como utilizar fuentes de energía con altas emisiones de carbono; es por eso que a través de una investigación descriptiva, Serna, Barrera y Montiel (2011) contribuyeron con un artículo que destaca las ventajas y desventajas de las energías renovables en el mundo actual y cómo varios países alrededor del mundo como Estados Unidos, Brasil, Argentina y México le han apostado a estas fuentes alternativas de energía, como los biocombustibles.

Los resultados del estudio de Altinay (2007) arrojaron elasticidades inelásticas, lo que significa que Turquía depende en gran medida del petróleo crudo extranjero y también demuestra su vulnerabilidad a los choques de los precios del petróleo. En línea con sus conclusiones, se menciona que, ante un aumento de los precios del petróleo, se tendrá un fuerte impacto negativo en la balanza comercial del país en vías de desarrollo. Igualmente, los hallazgos principales de Shaikh et al. (2017) demuestran que a pesar de la inversión en infraestructura para importar gas natural con el fin de satisfacer la creciente demanda de este energético, la dependencia del gas natural de China aumentará en los próximos años debido a la cercanía de este país con otros que tienen grandes reservas de este derivado; aunado a esto, la seguridad energética del país asiático dependerá de los avances para extraer y procesar gas natural no convencional. En contraste, los resultados de las estimaciones del estudio de Sawyer y Sprinkle (1996) mostraron que, en la gran mayoría de las importaciones no petroleras, manufactureras, manufacturas terminadas y productos agrícolas, el coeficiente del precio de las importaciones es negativo, mientras que el de los precios domésticos positivo. Se concluye que las importaciones de la nación estadounidense son más elásticas en precios de lo que parecen, a diferencia de los resultados de Turquía. Por otro lado, Kani et al. (2013) observaron que, aunque el patrón de demanda de gas natural está significativamente influenciado por el PIB, pareciera que el creciente consumo de gas natural en Irán está influenciado principalmente por su bajo precio.

Para el caso particular de México y acorde a la revisión bibliográfica sobre las estimaciones de la demanda agregada de importación, no se encontró investigación alguna de la demanda por importaciones de gas natural. Sin embargo, existen estudios que estiman la demanda general de importaciones de México, como lo son la de Galindo y Cardero (1999) para el periodo de 1983 hasta 1995; la de Romero (2010) desde 1940 al 2009; la de Cermeño y Rivera (2016) a partir de 1994 hasta 2014 y Zenteno et al. (2013), quienes se enfocan en la estimación del maíz durante los años 1996 a 2010. Cermeño y Rivera (2016) adoptan el modelo de bienes de sustitutos imperfectos propuesto por Goldstein y Khan (1976), al igual

que un modelo econométrico basado en el enfoque de cointegración de Johansen para estimar las ecuaciones de importación y exportación, con el fin de analizar los flujos comerciales del comercio internacional mexicano tras la entrada del TLCAN. Romero (2014) y Galindo y Cardero (1999) igualmente utilizan técnicas de cointegración y corrección de errores implementando el Modelo de Rezagos Distribuidos Autorregresivos (ARDL) como herramienta de estimación. De igual manera, Zenteno et al. (2013) se apoyan también en el modelo ARDL en su investigación y utilizan la función tradicional de demanda por importaciones propuesta por Leamer y Stern (1970) y Murray y Ginman (1976). Por otro lado, Hernández et al. (2010), utilizan la metodología de cadenas de Markov con el objetivo de emplear diferentes escenarios de volatilidad sobre la dinámica de los precios del gas natural en México. Los autores incluyen variables fundamentales del mercado, entre ellas la temperatura, cambios rezagados del spread con respecto al precio de futuros del gas natural y cambios rezagados del petróleo crudo, con la finalidad de explicar la volatilidad de los precios del gas natural.

En cuanto a los resultados, Galindo y Cardero (1999) y Romero (2010) encontraron evidencia de que en este periodo, el precio relativo de las importaciones puede ser caracterizado como un proceso estacionario integrado de orden 0 ($I(0)$), mientras que las importaciones y el ingreso como procesos estacionarios integrados de orden 1 ($I(1)$). Romero (2010) concluye que México carece de instrumentos para estabilizar su economía, ocasionando una dependencia con otras economías para crecer, especialmente con la de Estados Unidos y aunado a esto, Galindo y Cardero (1999) concluyen que existe una elevada elasticidad ingreso y baja elasticidad precio de la demanda de importaciones, dejando a luz una posible relación estructural de la economía mexicana en función de las importaciones. Las observaciones de Cermeño y Rivera (2016) reafirman esto al mencionar que “las importaciones son elásticas respecto al producto de México, lo cual refleja la alta dependencia de bienes importados del crecimiento mexicano” (Cermeño y Rivera, 2016, 129) de acuerdo a sus resultados; no obstante, mientras que esta investigación argumenta que la alta dependencia de bienes importados no varió mucho con la incorporación de México al TLCAN, la de Romero (2010) mostró un cambio significativo en la ecuación de importaciones. Finalmente, al hablar de la dependencia de bienes importados, los resultados de Zenteno et al. (2013) son opuestos a los encontrados en Galindo y Cardero (1999) y Cermeño y Rivera (2016), pues en el primero se demuestra que México tuvo cierto nivel de sustitución en las importaciones de este grano proveniente del país vecino. Por último, en Hernández et al. (2010), el signo y la significancia de las variables dicotómicas (D) de estacionalidad de febrero y octubre demostraron el efecto esperado y positivo de los meses de frío ante cambios en el precio del gas y de igual forma, las variables relacionadas con el spread del precio del gas natural manifestaron una alta significancia y un signo positivo; este último “indica el efecto de una posible especulación por parte de los agentes económicos respecto al precio futuro a un mes del gas natural” (Hernández et al., 2010, 91). Al hablar de los derivados del gas natural, Serna et al. (2011) encontraron que específicamente en México, las autoridades correspondientes construyeron dos plantas de etanol (biocombustible de primera generación) para hacer más eficiente la producción y el comercio (sobre todo con Estados Unidos) del maíz, por mencionar algún ejemplo, aunque mencionan que una desventaja de invertir en este proyecto en vez de alguno relacionado

con el gas natural, es que los costos, al igual que los precios del maíz, podrían incrementar drásticamente.

La diferencia entre la mayoría de las investigaciones empíricas resalta en la forma de la función que cada autor aborda. Si bien la teoría económica no toma como correcta una forma específica para estimar la demanda por importaciones y aunque no existe un criterio determinado, autores como Galindo y Cardero (1999), Zenteno et al. (2013) y Romero (2010) han argumentado que la mejor formulación para el análisis de la demanda de las importaciones es la función logarítmica. La razón principal es que permite analizar los determinantes, así como las elasticidades de las variables independientes del modelo frente a la variable de importaciones (Romero, 2010) y mitigar el problema de heteroscedasticidad.

Por último, los estudios de la presente revisión bibliográfica presentan líneas de investigación para futuros trabajos empíricos. Por una parte, Zenteno et al. (2013) proponen realizar un estudio sobre la estimación de la demanda de importación del maíz mediante ecuaciones simultáneas que consideren las condiciones del mercado. Cermeño y Rivera (2016) señalan la posibilidad de mejorar sus estimaciones mediante un modelo de cointegración con heteroscedasticidad condicional, además de especificaciones alternativas y evaluaciones de quiebres estructurales durante el periodo de estudio. Finalmente, Hernández et al. (2010) proponen realizar un análisis sobre la incidencia que tienen los costos de transportación, distribución y las tasas diferenciadas de IVA en la dinámica de precios del gas natural en México. Por otro lado, lo que Serna et al. (2011) recomiendan es investigar en varios países cuáles son las políticas actuales en materia de biocombustibles, al igual que profundizar en la situación de los biocombustibles de segunda generación y el uso de suelo destinado a estos.

Al considerar los efectos adversos destacados por Altinay (2007) sobre la vulnerabilidad energética de Turquía, al ser México un importador neto de gas natural (Figura 2) y al no existir hasta el momento un estudio sobre la demanda de importaciones de esta fuente de energía de vital importancia para el correcto funcionamiento de las industrias mexicanas, es propicio realizar un estudio de elasticidades de corto y largo plazo sobre la demanda de importación de gas natural para México. En la siguiente sección se presenta la metodología propuesta por Leamer y Stern (1970) para encaminar los objetivos de la presente investigación de estimación de la demanda por importaciones de gas natural de México, seguida de los datos cuantitativos recabados para la realización del modelo y sus procedencias.

METODOLOGÍA

Según la teoría de Leamer y Stern (1970) la demanda de importaciones (M_t) está en función de tres variables explicativas: el ingreso nacional (Y_t^d), el precio de las importaciones nacionales (P_t^m) y el precio de los bienes nacionales (P_t^d) en el tiempo t .

En el caso particular de esta investigación, la cantidad de importación de gas natural entre México y Estados Unidos puede representarse en la variable dependiente M_t y como variables independientes el índice de volumen físico de la producción de gas natural de México con Y_t^d , el precio nacional del gas en México como P_t^d y el precio de gas natural de los Estados Unidos con P_t^m , obteniendo la siguiente ecuación como eje central de la presente investigación:

$$M_t = f(Y_t^d, P_t^d, P_t^m) \quad (7)$$

$$M_t = \beta + \beta_1 Y_t^d + \beta_2 P_t + e_t \quad (8)$$

Donde (8) representa la ecuación lineal de las importaciones en el tiempo t y utilizando la variable P_t como los precios relativos del gas (P_t^d/P_t^m); e_t es un término aleatorio independiente e idénticamente distribuido o ruido blanco (con $E(e_t) = 0$, $E(X_t) = X_t$, $Var(e_t) = \sigma^2$ y $Cov(e_t, e_s) = 0$). Dentro del modelo (8) se prevé que la constante $\beta_1 < 0$, ya que, por la construcción de la variable, se espera que un incremento en la producción nacional derive en una disminución de las importaciones; de la misma manera, se esperaría que $\beta_2 < 0$, reflejando una relación inversa entre el precio relativo del bien y la demanda de importaciones.

Siguiendo las recomendaciones de Galindo y Cardero (1999), Zenteno et al. (2013) y Romero (2010) sobre la implementación de una función logarítmica para mejorar la interpretación de los datos, se utilizó la siguiente representación:

$$\ln(M_t) = \beta + \beta_1 \ln(Y_t^d) + \beta_2 \ln(P_t) + \varepsilon_t \quad (9)$$

En cuanto a los datos utilizados en los siguientes análisis, se utilizaron series con periodicidad mensual que abarcan desde enero del 2000 hasta enero del 2022. Se seleccionó este espacio temporal debido a que a lo largo del mismo se ha observado un incremento sostenido en las importaciones de gas natural provenientes de Estados Unidos, hasta alcanzar a cubrir un 70% de la demanda nacional (Ordaz, 2021). El cambio significativo en el comercio exterior de gas natural mexicano se atribuye, en parte, al descubrimiento del fracking (término en inglés para fracturación hidráulica) que convirtió a EUA en exportador neto de gas natural. Así pues, el hecho de que EUA haga más eficiente el proceso de extracción de este energético hizo que México pasara a la reforma energética del 2013 con tratados de importación de gas natural de largo plazo. Cabe mencionar que se tomaron en cuenta posibles cambios estructurales, especialmente durante la crisis del 2008 y tras la pandemia en 2020, sin embargo, al realizar pruebas de corte estructural (Prueba de Chow) no se encontró evidencia estadística para afirmar que fuera necesario utilizar distintos coeficientes para ciertos periodos de la muestra temporal.

Siguiendo con la recopilación de la base de datos, la información sobre importaciones de Estados Unidos a México y el precio de éstas fueron obtenidos de la Administración de Información Energética de Estados Unidos que posee información al mes de enero 2022. Para el caso de la producción y el precio nacional, estos fueron recabados de los datos abiertos que brindan la Comisión Nacional de Hidrocarburos e Investing.com, respectivamente. La justificación detrás de la utilización de futuros como proxy a los

precios nacionales en México es que de acuerdo con Hernández et al. (2010), estos futuros son considerados como referente para la determinación de los precios de gas en México. Cabe mencionar que los datos del precio de importaciones estaban especificados en dólares por mil pies cúbicos, mientras que el precio nacional en dólares por millón de BTU, por lo que fue necesario realizar una conversión para obtener una equivalencia y que los precios se presentaran en la misma unidad (dólares por mil pies cúbicos). A continuación, se presentan las pruebas estadísticas que sustentan el ajuste del modelo, así como también la interpretación de los resultados del mismo. Cabe mencionar que, para fines de esta investigación, se utilizó un nivel de confianza al 95%, es decir, un nivel de significancia o margen de error del 5%.

Dada la necesidad de confirmar si las variables son estacionarias, así como su orden de integración, se realizó una prueba de Dickey y Fuller aumentada (ADF por sus siglas en inglés) que parte de la hipótesis nula de que la variable presenta raíz unitaria, es decir, que la serie no es estacionaria. El Cuadro 1 presenta los resultados de las pruebas, incluyendo 12 rezagos, como lo indica la metodología de Campbell-Perron (1991) al tratarse de series mensuales.

Cuadro 1: Pruebas de Dickey Fuller aumentada

Variable	Etapas 1: con intercepto y tendencia	Etapas 2: con intercepto	Etapas 3: sin intercepto ni tendencia
$\ln(M)$	-3.8414**	-1.7831	1.5220
$\ln(Y)$	-0.9037	-0.3807	-0.5592
$\ln(d(Y))$	-14.0533***	-	-
$\ln(P)$	-9.9779***	-	-

*P-valores con base en la distribución F.

Fuente: Elaboración propia con resultados del programa R.

En la prueba ADF con tendencia e intercepto (etapa 1) se muestra que el estadístico de prueba de las series (M) y (P) son estadísticamente significativos al nivel de significancia de la investigación. Así pues, se concluye que (M) y (P) son de orden 0 ($I(0)$), lo que significa que las variables en niveles son estacionarias. En cambio, el estadístico de prueba de la serie Y (en niveles) no es estadísticamente significativo en ninguna etapa; sin embargo, lo llega a ser en la primera etapa de la serie en diferencias. Por lo tanto, se concluye que la variable (Y) es integrada de orden 1 ($I(1)$), es decir, se le debe aplicar una diferencia para hacerla estacionaria. Además, es importante mencionar que los elementos exógenos de la regresión, correspondientes a las variables de tendencia e intercepto, no son relevantes. Estos resultados concuerdan con las conclusiones antes mencionadas de Galindo y Cardero (1999) y Romero (2010), pues al aplicar primeras diferencias, la raíz unitaria desaparece para el caso de las importaciones y la producción nacional de gas natural.

La teoría presentada por otros autores respalda la elección de las variables, en la cual se considera a las importaciones como variable dependiente, mientras que a los precios relativos y a la producción nacional como independientes. Dado que el orden de integración es diferente en las variables de la ecuación, se utilizó el Modelo de Rezagos Distribuidos Autorregresivos (ARDL) como paso intermedio para proceder con la prueba de cointegración, considerando como variables endógenas las importaciones de gas natural (M_t), la producción de gas nacional (Y_t) y los precios relativos (P_t). Para comprobar cointegración entre variables que no necesariamente son estacionarias, se implementó la prueba de Pesaran.

El Cuadro 2 muestra los resultados obtenidos, en el cual las variables rezagadas de las importaciones de gas natural y de los precios relativos muestran gran significancia, a diferencia del resto de las variables explicativas que se incluyen en el modelo propuesto. Cabe mencionar que Zenteno et al. (2013) también guiaron su investigación con base en el modelo ARDL.

Cuadro 2: Estimación de ARDL

Variable	Coefficiente	P-valor
$\ln(M_{t-1})$	0.9753	0.0000
$\ln(Y)$	-0.0320	0.5280
$\ln(P)$	0.0348	0.3840
$\ln(P_{t-1})$	-0.1694	0.0000
C	0.5483	0.2640

$$R^2 = 0.9776, R^2_{ajustada} = 0.9772$$

Fuente: Elaboración propia con resultados del programa R.

Se utilizó el criterio de Schwarz-Bayesiano (SBC), también conocido como criterio de Información Bayesiano (BIC por sus siglas en inglés), para determinar el número de rezagos óptimos en la estimación, el cual mostró un ARDL (1,0,1) como el mejor ajuste para los datos a estudiar.

Habiendo especificado el ajuste que sigue el modelo, se prosiguió a determinar la existencia de cointegración entre las variables propuestas, es decir, comprobar que la combinación lineal entre ellas es estacionaria, sometiendo el modelo ARDL a una prueba de cointegración, así como también las bases estadísticas para poder rechazar la posibilidad de obtener resultados espurios. La existencia de cointegración se estimó probando la hipótesis nula de no cointegración de Pesaran debido a que, a diferencia de otras pruebas, esta permite identificar cointegración entre variables de distintos órdenes de integración, como es el caso de la variable de precios relativos (P). Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 3, los cuales siguen la distribución especial de la prueba de Pesaran. Fue necesario verificar que los errores de la ecuación estimada por ARDL sean ruidos

blancos mediante la prueba de Ljung Box. Luego de esto, se procedió a trabajar con la prueba y se obtuvo lo presentado en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Prueba de cointegración

Prueba	Valor estadístico	P-valor
Estadístico F	3.9819	0.1124

Fuente: Elaboración propia con resultados del programa R.

Es importante mencionar que se utilizó el modelo ARDL con componentes dinámicos más un intercepto no condicionado. La prueba de cointegración con base en la metodología de Pesaran parte de la hipótesis nula de que no hay cointegración o relación espuria entre variables. En efecto, al ser el valor de la probabilidad mayor al nivel de error de la investigación, no se rechaza la hipótesis nula y, se concluye, que no hay cointegración a un nivel de significancia del 5%. En suma, se puede concluir que las variables a corto plazo no son espurias y en contraste, cuentan con una relación estadísticamente aceptada, lo que permite continuar con el análisis.

Después de realizar las pruebas correspondientes de cointegración, se procedió a estimar un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) en el cual todas las variables deben ser $I(0)$; en otras palabras, se estimó una regresión lineal con las variables de orden 1 en diferencias y las variables de orden 0 originales. A continuación, se presentan las interpretaciones y resultados más significativos del modelo estimado.

RESULTADOS

Con las estimaciones del modelo MCO presentadas previamente, se obtuvo el siguiente modelo:

$$\ln(M_t) = 10.7397 - 2.8284\ln(Y_t) - 0.4260\ln(P_t) \quad (10)$$

A partir de los resultados del modelo expuestos en la ecuación 10, se observa que la elasticidad precio directa de la demanda de importación de gas natural en México es inelástica con signo negativo durante el periodo enero 2000 - enero 2022. Debido a la construcción de la variable precio relativo (P_t^d/P_t^m), la interpretación de su coeficiente indica que un aumento en los precios nacionales o una disminución en los precios de Estados Unidos genera un aumento menos que proporcional en la cantidad demandada del gas natural extranjero. Específicamente, ante un incremento unitario porcentual en el precio relativo del gas natural, ceteris paribus, la cantidad demandada del energético disminuye en 0.4260 puntos porcentuales. La razón de precios exhibe un impacto congruente con la teoría económica, no obstante, la magnitud es muy pequeña porque existe una fuerte dependencia de México con Estados Unidos por este bien.

Por otro lado, el coeficiente asociado al índice de volumen físico de la producción de gas natural también exhibe un valor acorde a lo que se esperaba antes del análisis econométrico,

ya que establece una disminución de 2.8284% en la demanda de importaciones ante un incremento de 1% en la producción nacional de gas natural, no obstante, este coeficiente no resultó estadísticamente significativo.

Por último, los resultados encontrados son consistentes con los observados en el estudio de Altinay (2007), quien encontró elasticidades inelásticas del petróleo crudo para Turquía. Así pues, se establece que México depende en gran medida del gas natural extranjero y se reafirma lo mencionado por Rodríguez (2018) sobre la alta vulnerabilidad ante choques en los precios del gas natural (o petróleo, dada su relación) que da sustento a la inseguridad energética del país.

CONCLUSIONES

El principal objetivo del presente estudio fue determinar el nivel de sensibilidad de la demanda de importaciones del gas natural ante cambios en los precios relativos del mismo y el nivel de ingreso nacional, y con base en los resultados, determinar el nivel de dependencia de la nación mexicana con el gas natural estadounidense. En lo encontrado con la representación del modelo ARDL, la elasticidad precio directa de la demanda por importaciones del gas natural en México demostró ser inelástica durante el periodo enero 2000 - enero 2022, sin la necesidad de implementar cortes estructurales. Específicamente, ante un incremento unitario porcentual en el precio relativo del gas natural, *ceteris paribus*, la cantidad demandada del energético disminuye en 0.4260 puntos porcentuales. En otras palabras, la nación mexicana no fue capaz de sustituir el gas natural estadounidense en este periodo, reflejando una alta dependencia por importaciones de dicho bien extranjero, contrario a lo encontrado en Zenteno et al. (2013), quienes demostraron que la demanda por importaciones de maíz en México fue elástica en el periodo 1996-2010. Por otro lado, los resultados de esta investigación coinciden con los obtenidos en Altinay (2007), en la cual la sensibilidad ante cambios en las variables de control sobre la demanda por importaciones del petróleo crudo en Turquía mostró ser inelástica.

Durante el análisis de este estudio, el signo negativo del coeficiente del precio relativo en el tiempo t indica que es posible que dicha dependencia en los años correspondientes radique en que la demanda final del gas natural no se pueda satisfacer con la oferta mexicana limitada de dicho combustible, pues según información del Sistema de Información Energética (s.f.), mientras que la producción mexicana ha disminuido en los últimos 10 años (ver Anexo 1), la demanda nacional ha incrementado un 15.47% aproximadamente desde el 2014 debido a que no solo México, sino el mundo ha optado por emigrar hacia el gas natural (Moreira, 2019).

En efecto, la alta dependencia de importaciones de gas natural genera importantes implicaciones para los agentes económicos en México. Primero, para las empresas implica un incremento en los costos de producción ante una posible escasez y alza en el precio de este insumo. Segundo, para las familias representa una posible disminución del poder adquisitivo (por incremento del precio de gas natural) ante alzas en el precio del servicio doméstico de gas natural y el precio de productos industriales que requieren este insumo

energético. Por último, la alta vulnerabilidad energética implica para el Estado actuar estratégicamente para reducir los riesgos potenciales que pueden ocurrir ante interrupciones en la oferta (como el caso del problema de suministro de gas en Texas en 2021) e incrementos en el precio de este energético. Por consiguiente, para reducir la dependencia de este recurso proveniente de Estados Unidos, se propone implementar lo establecido por Altinay (2007): hacer un esfuerzo para diversificar los proveedores de gas natural y de esta manera reducir la vulnerabilidad mexicana ante este bien. Asimismo, en el caso de que un análisis costo-beneficio lo sugiera, se recomienda explotar las reservas mexicanas de petróleo y gas natural.

Por último, este estudio resultó relevante en primera instancia para comprobar resultados con la teoría económica y, por otro lado, gracias a la estimación econométrica se pudieron confirmar las sospechas de dependencia al recurso texano justificándose en resultados cuantitativos que pueden dar pie al diseño de políticas públicas y el direccionamiento del futuro del sector energético mexicano. Sin embargo, queda abierto a investigaciones futuras la estimación de la demanda de importaciones incluyendo a las condiciones climáticas como variable de control en el modelo, tal y como lo hace Hernández et al. (2010) al utilizar la variable fundamental de temperatura sobre la demanda de importación de gas natural en el país, o bien, utilizando el precio real del gas natural en moneda doméstica (o en USD), tal y como lo emplea Altinay (2007), quien lo computa dividiendo el precio nominal por el índice de precios correspondiente, multiplicándose por el tipo de cambio.

REFERENCIAS

- Administración de Información Energética de Estados Unidos. (2021). Exportaciones y reexportaciones de gas natural de EUA por país [Archivo de datos]. Disponible en: <https://www.eia.gov>
- Altinay, G. (2007). Short-run and long-run elasticities of import demand for crude oil in Turkey. *Energy Policy*, 35(11), 5829-5835. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.07.015>
- Cermeño, R., y Rivera, H. (2016). La demanda de importaciones y exportaciones de México en la era del TLCAN. *El Trimestre Económico*, LXXXIII(329), 127-147. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ete/v83n329/2448-718X-ete-83-329-00127.pdf>

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2008). *La volatilidad de los precios internacionales y los retos de política económica en América Latina y el Caribe*. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Rene-Hernandez-4/publication/293652515_La_volatilidad_de_los_precios_internacionales_y_los_retos_de_politica_economica_en_America_Latina_y_el_Caribe/links/56ba360008ae0a6bc9554e7b/La-volatilidad-de-los-precios-internacionales-y-los-retos-de-politica-economica-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf
- Galindo, L., y Cardero, M. (1999). La demanda de importaciones en México: Un enfoque de elasticidades. *Comercio Exterior*, 49(5), 481-487.
- Goldstein, M., y Khan, M. S. (1976). Large versus small price changes and the demand for imports. *Staff Papers*, 23(1), 200-225.
- Hernández, G., Ortiz, L., Rabelo, M., Urbina, H., y Pérez Pria, E. (2010). Variables fundamentales en un modelo de pronóstico para el precio del gas natural en México. *Revista Estudiantil de Economía*, V(2), 83-104. Disponible en: <http://ree.economiatic.com/A2N2/207293.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Indicador Global de la Actividad Económica [Archivo de datos]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/igae/#Tabulados>
- Kani, A., Abbasspour, M., y Abedi, Z. (2013). Estimation of demand function for natural gas in Iran: Evidences based on smooth transition regression models. *Economic Modelling*, 36, 341-347. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.10.007>
- Krugman, P., y Obstfeld, M. (2006). *Economía Internacional: Teoría y política*. Madrid, España: Pearson.
- Leamer, E., y Stern, R. (1970). *Quantitative international economics*. Boston, MA. EE.UU.: Allyn and Bacon.
- Marshall, A. (1957). *Principios de Economía*. Barcelona, España: El Consultor Bibliográfico.
- Moreira, H. (2019). Gas Natural y Seguridad Nacional: Un Reto para México. Comisión Nacional de Hidrocarburos [Archivo de presentación]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment>
- Murray, T., y Ginman, P. (1976). An Empirical Examination of the traditional aggregate import demand model. *The Review of Economics and Statistics*, 58(1), 75-80.

- Nicholson, W. (2008). *Teoría Microeconómica*. Distrito Federal, México: Cenage Learning.
- Ordaz, Y. (2021). En octubre, México alcanzó su segundo mes con las mayores importaciones de gas natural. *Milenio*, 01 de enero, México. Disponible en: <https://www.milenio.com/negocios/gas-natural-importacion>
- Parkin, M. (2015). *Microeconomía Versión para Latinoamérica*. Ciudad de México, México: Pearson.
- Rodríguez, V. (2018). Seguridad e integración energética con Estados Unidos: de la confianza a la incertidumbre. *Norteamérica*, 13(2), 61-83. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci>
- Romero, J. (2010). Evolución de la demanda mexicana de importaciones: 1940-2009. *EconoQuantum*, 9(1), 7-34.
- Romero, J. (2014). *Los límites al crecimiento económico de México*. Ciudad de México, México: El Colegio de México.
- Sabino, C. (1991). *Diccionario de Economía y Finanzas*. Caracas, Venezuela: Panapo.
- Santos-Paulino, A. (2002). Trade Liberalisation and Export Performance in Selected Developing Countries. *The Journal of Development Studies*, 39(1), 140-164.
- Sawyer, W., y Sprinkle, R. (1996). The Demand for Imports and Exports in the U.S.: A Survey. *Journal of Economics and Finance*, 20(1), 147-178. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/226275918_The_demand_for_imports_and_exports_in_the_US_A_survey
- Secretaría de Energía, (2012). Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2012-2026 [Archivo de datos]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment>
- Serna, F., Barrera, L., y Montiel, H. (2011). Impacto Social y Económico en el Uso de Biocombustibles. *Journal of Technology, Management & Innovation*, 6(1), 100-114. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/jotmi/v6n1/art09.pdf>
- Shaikh, F., Ji, Q., Hameed, P., Hussain, N., & Aslam, M. (2017). Forecasting China's natural gas demand based on optimised nonlinear grey models. *Elsevier*, 140, 941-951. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544217315591>
- Sistema de Información Energética, (2021). Balance de Gas Natural Seco [Archivo de datos]. Disponible en: <http://sie.energia.gob.mx>.

Sistema de Información Energética [SIE]. (s.f.). *Producción de Gas Natural por Entidad Federativa*. Disponible en:
<https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>

Tellaeché, J., y Rodríguez, R. (2019). *Estimación de la demanda mexicana de importaciones*. Ciudad de México, México: El Colegio de México.

Zenteno, A., Peña, J., López, E., y Petz, A. (2013). La demanda de importaciones mexicanas de maíz en el periodo 1996-2010. *Revista Estudiantil de Economía*, V(1), 23-42. Disponible en <https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle>