



Paradigma económico

REVISTA DE ECONOMÍA REGIONAL Y SECTORIAL

FACULTAD DE ECONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

ISSN 2007-3062

15
años

De navegar en el mar
de la **economía**
regional y sectorial

AÑO 15 NÚM. 2 JULIO | DICIEMBRE 2023



Paradigma económico

REVISTA DE ECONOMÍA REGIONAL Y SECTORIAL

FACULTAD DE ECONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

Paradigma económico revista semestral de la Facultad de Economía de la Universidad Autónoma del Estado de México, aborda temas relacionados con la economía regional y sectorial, y está abierta a diferentes enfoques y metodologías. El Comité Editorial con el apoyo de una cartera de árbitros, nacionales e internacionales, dictamina anónimamente los trabajos recibidos para evaluar su publicación. El resultado es inapelable en todos los casos. El contenido de los artículos que aparecen en cada número es responsabilidad exclusiva de los autores y no expresa necesariamente la opinión de la institución. Los trabajos que se envíen a *Paradigma económico* para su publicación deberán ser originales e inéditos, de carácter eminentemente académico y ajustarse de manera estricta a las normas editoriales que se indican en las instrucciones para colaboradores. *Paradigma económico* está dirigida a especialistas en la economía regional y sectorial, estudiantes de posgrado y en general a interesados en los temas comunes de la revista. El objetivo de *Paradigma económico* es consolidarse como un espacio de difusión y discusión de resultados de investigación que aborden algún tema teórico o empírico relacionado con la economía regional y sectorial, a nivel de entidades federativas, regiones o países.

■ CONSEJO EDITORIAL

Alejandro Dávila Flores,
Centro de Investigaciones
Socioeconómicas, Universidad
de Coahuila, México.

Coro Chasco Yrigoyen,
Departamento de Economía
Aplicada, Universidad
Autónoma de Madrid, España.

Cuahtémoc Calderón
Villarreal, Departamento
de Estudios Económicos, El
Colegio de la Frontera Norte,
México.

Geoffrey J. D. Hewings,
Regional Economics
Applications Laboratory,
University of Illinois, Estados
Unidos.

Inmaculada Álvarez Ayuso,
Departamento de Análisis
Económico, Universidad
Autónoma de Madrid, España.

Juan Ramón Cuadrado
Roura, Facultad de Ciencias
Económicas, Empresariales
y Turismo, Universidad de
Alcalá, España.

Ludo Peeters, Universiteit
Hasselt, Bélgica.

Noé Arón Fuentes Flores,
Departamento de Estudios
Económicos, El Colegio de la
Frontera Norte, México.

Pablo Mejía Reyes, Facultad
de Economía, Universidad
Autónoma del Estado de
México, México.

Patricio Aroca, Escuela de
Negocios, Universidad Adolfo
Ibáñez, Chile.

■ COMITÉ EDITORIAL

Laura E. del Moral Barrera,
Universidad Autónoma del
Estado de México, México.

Luis Quintana Romero,
Facultad de Estudios
Superiores Acatlán,
Universidad Nacional
Autónoma de México, México.

Miguel Ángel Díaz Carreño,
Universidad Autónoma del
Estado de México, México.

Normand Assuad Sanen,
Facultad de Economía,
Universidad Nacional
Autónoma de México, México.

Roldán Andrés Rosales,
Cátedra Conacyt, México.

Reyna Vergara González,
Universidad Autónoma del
Estado de México, México.

Víctor Hugo Torres Preciado,
Facultad de Economía,
Universidad de Colima.

Zeus Salvador Hernández
Velez, Universidad
Autónoma del Estado de
Hidalgo, México.

■ DIRECTORIO

Leobardo de Jesús Almonte
Director editorial

Abraham Juárez
Asistente editorial

Brenda Murillo Villanueva
Traducción

Alejandra Santana Castro
Diseño Editorial y Portada

Incluida en:

Conacyt (Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología).

RedAlcy (Sistema de Información Científica Redalyc. Red de Revistas Científicas).

Latindex (Sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal).

Clase (Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades).

Biblat (Bibliografía latinoamericana en revistas de investigación científica y social).

Dialnet (Repositorio de acceso a la literatura científica hispana, Universidad de La Rioja).

Portada: La expresión gráfica del logotipo representa en las tres placas horizontales a los tres sectores productivos. El gráfico que los cruza es la expresión del análisis económico, cuyo fin es observar los datos que se generen en la actividad económica de los tres sectores para proyectar un panorama de análisis y discusión.



-
- 3** **Editorial.** 15 años de navegar en el mar de la economía regional y sectorial
-
- 7** **Variaciones regionales de la ley de Okun en México, 2005-2020 /**
Regional variations of Okun's law in Mexico, 2005-2020
Óscar Peláez Herreros, Jorge Alberto Hernández Heredia
-
- 39** **When government wastes benefits from a project: The case of Line 3 of Light Rail in Guadalajara, Mexico /** *Cuando el gobierno despilfarra los beneficios de un proyecto: El caso de la Línea 3 del Tren Ligero de Guadalajara, México*
Rubén Chavarrín Rodríguez
-
- 65** **Ciudades de México: un análisis de convergencia de precios (enero 2010 - octubre 2021) /** *Mexico cities: a price convergence analysis (January 2010-October 2021)*
Mario Gómez
-
- 93** **Desempeño exportador de la industria de maquinaria agrícola: Argentina y Brasil, periodo prepandémico /** *Export performance of the agricultural machinery industry: Argentina and Brazil, pre-pandemic period*
Germán Héctor González, Fiorella Mezzanotte, Micaela Ramírez
-
- 125** **Public Debt and Economic Growth Nexus in Latin America: A Retrospective Appraisal /** *La relación entre deuda pública y crecimiento económico en América Latina: una evaluación retrospectiva*
Alejandro D. Jacobo, Ileana R. Jalile
-
- 143** **¿Se retroalimentan las energías renovables con el crecimiento económico en México?: análisis del 2013-2020 /** *Are renewable energies feedback with economic growth in Mexico? Analysis from 2013 to 2020*
Juan José Esparza López, Clemente Hernández Rodríguez
-
- 175** **Bibliometría sobre Economía Circular, 2017-2022 /**
Bibliometrical of Circular Economy, 2017-2022
Glenda Marisa Chávez Gallegos, Carlos Francisco Ortiz-Paniagua
-
- 199** **El ciclo económico y la política fiscal en un modelo DSGE con canal endógeno. El caso de México /** *The business cycle and fiscal policy in the DSGE model with endogenous channel. The case of Mexico*
Edson Valdés Iglesias
-

Editorial

15 años de navegar en el mar de la economía regional y sectorial

La edición de este número tiene una motivación adicional al esfuerzo por publicarse de manera puntual: se cumplen quince años desde que el primer número vio la luz. Estos tres lustros han sido muy formativos y han permitido vivir experiencias diversas por las vicisitudes que en países como el nuestro implica el trabajo editorial de una publicación académica periódica; sobre todo porque en la academia con regularidad nacen nuevas revistas, pero con facilidad dejan de publicarse por factores diversos, entre ellos, la falta de recursos económicos para este tipo de trabajo académico. Por ello, hacer memoria y una evaluación de lo que han significado estos años es meritorio.

Con claridad recuerdo la inquietud y, sobre todo, la visión de las autoridades de la Facultad de Economía (específicamente en 2008) de insistir en la necesidad de que este organismo académico contara con una revista de investigación, cuyo perfil se especializara en el análisis de la economía regional y sectorial; sobre todo en un contexto en el que los efectos virtuosos de la apertura y liberalización comercial y financiera no eran tan evidentes, a partir de las ventajas que ofrece la economía global en términos de la expansión de la producción y la generación de empleos, así como del mejoramiento constante de la competitividad del aparato productivo y de los espacios, nacional y subnacional. Bajo esta visión, se empezó a materializar la idea de *Paradigma económico*. Los avatares para la integración del número 1 y, sobre todo, los altibajos que ha significado desde entonces la edición de cada número para cumplir con la publicación puntual e ininterrumpida han sido recurrentes.

Aun cuando el número 1 se publicó en el semestre julio-diciembre de 2009, los meses previos de trabajo para que su edición y publicación se hiciera realidad no fueron fáciles. Poco más de un año para dar forma a lo que sería el concepto de la revista, su perfil, alcance, periodicidad, y definir su estructura formal bajo la idea de que se pretendía una revista académica que se rigiera bajo los estándares internacionales de las revistas académicas con revisión por pares doble ciego; ello implicaba integrar un comité editorial y una cartera de árbitros de especialistas en temas de la economía regional y sectorial que garantizará la calidad de la publicación.

En este contexto, *Paradigma económico* surgió con un objetivo muy claro: consolidarse como una revista semestral que sirviera de espacio de difusión y discusión académica y que se convirtiera en una alternativa para los estudios de la economía regional y sectorial para avanzar en entender el problema del escaso crecimiento de México y de sus regiones. En esta idea, se trabajó en definir una publicación que se identificara por la especialización de sus contenidos asociados a la economía regional y sectorial, identidad que se buscó desde la propuesta gráfica de su portada. De ahí, hizo suyo un logotipo que trata de permear e identificar el perfil de la revista que, como se puede observar en la portada de cada número se representa por tres líneas o plecas horizontales que son una expresión de los tres sectores productivos, y el gráfico que lo cruza es la idea del análisis que se da en torno a los sectores de actividad económica, análisis económico cuyo fin es observar los datos que se generan en la actividad económica de los tres sectores para proyectar, desde la teoría y la evidencia empírica, un panorama de análisis y discusión.

Más aun, *Paradigma económico* surge en un contexto en el que la economía mexicana enfrentaba una de las crisis más agudas de la historia económica reciente, la Gran Recesión 2008-2009 que llevó al país a una caída en el producto interno bruto real de -5.3% en 2009. Quizá el contexto económico del que surgió dio la posibilidad de que los temas que le son comunes se convirtieran en el distintivo que prevalece a la fecha, sobre todo porque son escasas las revistas académicas en México especializadas en la economía regional y sectorial.

En este tiempo hemos experimentado y participado en la evolución de una revista que inició de forma impresa, cuya difusión era básicamente a partir de la distribución de los ejemplares a bibliotecas de universidades y centros de investigación del país y algunas del extranjero. Era evidente que la difusión se limitaba a la distribución física de cada ejemplar y que cada vez se restringía por la escasez de recursos para impresión y para cubrir los gastos de distribución, vía correo ordinario. El impacto que esto significaba era limitado. De manera favorable, con relativa rapidez se dio la posibilidad de tener una página electrónica que facilitó el hospedaje de cada número, con lo que su visibilidad e impacto comenzó a crecer. A la fecha, las bondades de la versión electrónica han permitido multiplicar su alcance de manera importante. A partir de que *Paradigma económico* se integra al repositorio de la

Hemeroteca digital de la Universidad Autónoma del Estado de México su visibilidad creció, y se fortaleció, aún más, cuando formó parte de la Sistema de Información Científica Redalyc y con el reconocimiento como revista en Desarrollo por el Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt, ahora CONAHCYT).

De acuerdo con el Sistema de información científica Redalyc (2023), del total de descargas de artículos de *Paradigma económico* la mayoría se realizaron en Estados Unidos (41.6%) y en México (31.6%); se identifica, además, que la visibilidad de la revista, a partir del número de descargas, ha crecido. Existen registros de consulta de países como la Federación Rusa, Reino Unido, Francia, Alemania, Países Bajos, Suecia, Dinamarca, Irlanda, Austria, Colombia, Ecuador, Perú, Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Panamá, Guatemala, Canadá, Bolivia, Cuba, El Salvador, Venezuela, Paraguay, Puerto Rico, República Dominicana, Uruguay, Europa, Finlandia, Hong Kong, Israel, China y Japón. Esta información nos permite considerar la posibilidad de realizar un esfuerzo adicional para que los artículos se publiquen también en inglés, lo que aumentaría su visibilidad e impacto. Más aún, el reconocimiento del Conacyt generó un efecto favorable en el número de recepción de artículos.

Con el número reciente, Vol. 15, Núm. 2, se han publicado 30 números (uno de ellos un número especial sobre migración) y 169 artículos, que corresponden a 348 autores. A partir de los registros de la revista, por la estructura del origen de los autores, se identifica una diversidad importante de instituciones del país. La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la Universidad Autónoma del Estado de México son las instituciones del país con el mayor número de autores en la revista; pero se observa una diversidad importante, entre las que destacan la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, El Colegio de la Frontera Norte, la Universidad Autónoma de Coahuila, la Universidad Autónoma de Tamaulipas, la Universidad Autónoma Metropolitana. Con relación a los autores de otros países, han publicado investigadores de las universidades siguientes: California State University, Oklahoma State University, Universidad del Norte de Texas, Erasmus University Rotterdam, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales sede Ecuador, Universidad Autónoma de Madrid, Universidad de Sevilla, Universidad Nacional de Córdoba, Universidad Nacional de

Loja, Universidad Nacional de Río Cuarto, Universidad Nacional del Sur, Universidad Técnica Particular de Loja, University of Sargodha.

El trabajo permanente de edición de la revista nos ha permitido identificar algunos indicadores que son centrales para su fortalecimiento, entre ellos el tiempo de respuesta a los autores. El esfuerzo editorial se ha encaminado en disminuir los tiempos de dictamen con relación al tiempo de respuesta que transcurre desde que se recibe el artículo hasta que se envía el resultado del primer dictamen a los autores, en 2019 se registró un promedio de 15 semanas que disminuyó para 2020 a 10 semanas, y el registro que se tiene al primer semestre de 2023 es que se ha reducido a 5 semanas. En el caso del tiempo de aceptación, mientras que en 2019 la respuesta, desde que se recibía el artículo hasta el envío de carta de aceptación, era de 20 semanas, para 2020 disminuyó a 13.4 semanas.

El proceso de consolidación de una revista académica es un trabajo arduo y constante, de ahí nuestro compromiso en avanzar en su consolidación a partir de buscar la inclusión en índices internacionales que le proporcione mayor alcance y reconocimiento de la comunidad académica del país y del contexto internacional.

Finalmente, han sido años de mucho aprendizaje en un proyecto en el que la persistencia por su continuidad, por el compromiso ante una comunidad académica que confía a la revista sus resultados de investigación, me mantiene con el mismo entusiasmo de hace años cuando me confiaron la dirección de *Paradigma económico*. Es evidente que el fortalecimiento de la parte académica de la revista ha sido resultado del apoyo permanente de sus comités editorial y científico y de los árbitros, cuyo trabajo no sólo garantiza la calidad de los contenidos de cada número, también ha permitido disminuir los tiempos de respuesta a los autores. Aprovecho este espacio para expresarles mi agradecimiento por su apoyo en una actividad que es poco reconocida en el país. Gracias por su tiempo, por su experiencia y por su confianza en la revista. Y mi agradecimiento a los jóvenes becarios(as) de investigación que me acompañaron estos años, quienes además de su asistencia en las actividades de investigación, incursionaron en la tarea editorial al involucrarse en la gestión de la revista como asistentes editoriales. Su compromiso y entusiasmo ha contribuido a este proceso de consolidación. Gracias, por tanto.

Leobardo de Jesús Almonte
Director editorial

Variaciones regionales de la ley de Okun en México, 2005-2020

ÓSCAR PELÁEZ HERREROS*
JORGE ALBERTO HERNÁNDEZ HEREDIA**

RESUMEN

La ley de Okun relaciona el crecimiento económico y la tasa de desocupación. Los objetivos de este artículo son: verificar la existencia de diferencias regionales en esa relación, encontrar patrones geográficos en esas diferencias y explicar sus causas. Para ello, se recurre a técnicas de regresión y análisis de conglomerados, utilizando datos trimestrales desde 2005 a 2020 por entidad federativa. Los resultados indican que la sensibilidad de la tasa de desocupación es relativamente baja. El coeficiente de Okun alcanza un valor de -0.15 para México y valores que abarcan desde 0.02 en Zacatecas, a -0.23 , en Baja California. Once entidades presentan coeficientes estadísticamente nulos. Las diferencias entre estados se explican por algunas características socioeconómicas y de sus mercados laborales.

Palabras clave: tasa de desocupación, crecimiento económico, informalidad laboral, pobreza.

Clasificación JEL: C22, C23, E24, J64.

ABSTRACT

Regional variations of Okun's law in Mexico, 2005-2020

Okun's law relates economic growth and unemployment rate. The objectives of this paper are to verify the existence of regional differences in this relationship, to find geographical patterns in these differences and to explain their causes. For it, we use regression techniques and cluster analysis with quarterly data from 2005 to 2020 by state. The results

* Investigador titular del Departamento de Estudios Económicos de El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, México. Correo electrónico: opelaez@colef.mx. ORCID: 0000-0002-5179-431X.

** Egresado de la Maestría en Economía Aplicada de El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, México. Correo electrónico: jhernandez.me2020@colef.mx. ORCID: 0009-0001-2421-5407.

show that the unemployment rate sensitivity is relatively low. The Okun coefficient takes a value of -0.15 for Mexico and values ranging from 0.02 in Zacatecas, to -0.23 , in Baja California. Eleven states have coefficients that are statistically zero. Socioeconomic and labor market characteristics explain the differences between states.

Keywords: unemployment rate, economic growth, labor informality, poverty.

JEL Classification: C22, C23, E24, J64.

INTRODUCCIÓN

El desempleo es un problema social grave que refleja que una parte de la población no puede obtener ingresos mediante el despliegue de sus fuerzas productivas. Además, muestra que el sistema es ineficiente al ser incapaz de aprovechar la contribución potencial de estas personas que desean desempeñarse en alguna actividad. En México, alrededor de 4% de la población activa se encuentra desempleada (desocupada) (Inegi, 2022a). Desde el año 2005 que se elabora la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), esta cifra ha oscilado entre 6.15%, en el tercer trimestre de 2009, y 3.12%, a inicios de 2018. Son cifras bajas en comparación con las de otros países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), pero relevantes teniendo en cuenta que representan a “personas de 15 y más años de edad que en la semana de referencia buscaron trabajo porque no estaban vinculadas a una actividad económica o trabajo” (Inegi, 2022b). Frente a éstas, se considera ocupadas a las “personas de 15 y más años de edad que en la semana de referencia realizaron alguna actividad económica durante al menos una hora” (Inegi, 2022b).

Las tasas de desempleo se relacionan con la participación del factor trabajo en los procesos productivos y, por tanto, con los ciclos de la actividad económica. Arthur Okun fue pionero en la cuantificación de estas relaciones. Con datos de Estados Unidos para el periodo 1947-1960 obtuvo que, “en promedio, cada punto porcentual adicional en la tasa de desempleo por encima del cuatro por ciento se asocia con una disminución de alrededor de tres por ciento en el [Producto Nacional Bruto] PNB real” (Okun, 1962, p. 2).¹ En poco tiempo esa razón básica

¹ La paginación del texto de Okun (1962) corresponde a la versión publicada por la Cowles

de 1 a 3 fue elevada a rango de ley y empezaron a surgir investigaciones para respaldarla, matizarla o cuestionarla (Perry, 1971; Gilbert, 1973; Friedman y Wachter, 1974). En la actualidad, la ley de Okun sigue siendo un tema relevante como demuestran las publicaciones de Aguiar-Conraria *et al.* (2020), Furceri *et al.* (2020), Karlsson y Österholm (2020), Huang *et al.* (2020), An *et al.* (2021), Krüger y Neugart (2021), Loría *et al.* (2021), Loría y Salas (2022), Elhorst y Emili (2022), Maza (2022) y Kiss *et al.* (2022), entre otras.

Hasta donde se conoce, las primeras estimaciones de la relación de Okun para México fueron realizadas por González (1999), quien incluyó al país azteca en su estudio para economías latinoamericanas obteniendo coeficientes menores a los de Estados Unidos. Posteriormente, se sumaron varios análisis específicos, empezando por el de Chavarín (2001), con distintas modificaciones metodológicas y en las variables utilizadas. Estas investigaciones aportaron información relevante sobre la asimetría de recesiones y expansiones, las diferencias por sexo o la flexibilidad laboral, pero casi siempre a nivel nacional, sin examinar la posible existencia de diferencias al interior de México. El inconveniente de ello es que homogeneizan la economía compensando y ocultando las posibles diferencias interregionales, precisamente cuando México se caracteriza por la heterogeneidad y las brechas entre estados (Cepal, 2016).

Apenas tres estudios han abordado el análisis de la ley de Okun en México desde una perspectiva subnacional: Alarcón y Soto (2017), Rojas (2019) y Loría *et al.* (2021). Los tres advierten diferencias importantes entre estados, pero apenas esbozan algunas causas de esas diferencias o sugieren una estructura regional de las mismas. Alarcón y Soto (2017) muestran por primera vez la existencia de heterogeneidad y proponen una regionalización del fenómeno, pero sin una metodología que la respalde. Rojas (2019) estima un modelo de panel de efectos aleatorios con el que obtiene un coeficiente para el conjunto de entidades. Mientras que Loría *et al.* (2021) analizan las causas y encuentran que sólo el índice de estado de derecho y la tasa de condiciones críticas de ocupación explican las diferencias de coeficientes entre las 22 entidades que cumplen la ley de Okun, pero no en el total.

El objetivo de esta investigación es verificar la existencia de diferencias regionales en el coeficiente de Okun y, por tanto, en la sensibilidad del desempleo al crecimiento económico, definir grupos de estados homogéneos en este sentido, y explicar los motivos de esas similitudes y diferencias. La hipótesis de trabajo es que la sensibilidad de la tasa de desocupación ante las dinámicas del crecimiento económico varía significativamente por estados y que esas diferencias no se distribuyen aleatoriamente por el territorio, sino que presentan patrones regionales que se corresponden con algunas características socioeconómicas y de los mercados laborales.

Como se verá, el análisis de la ley de Okun a nivel estatal es relevante, ya que hay entidades federativas en las que el crecimiento de la producción se relaciona con la reducción de la tasa de desempleo y otras en las que no. Esa diferencia afecta a la formulación de políticas económicas, que no deberían ser homogéneas para todo el país, dado que sólo en algunos estados puede promoverse el crecimiento económico y el empleo de manera conjunta. La contribución de esta investigación consiste en identificar claramente esa estructura regional y las causas de las diferencias que en algunos casos desarticulan el binomio empleo-producción.

El texto que sigue se divide en otros cuatro apartados. A continuación, se inicia revisando el planteamiento de Okun y las investigaciones realizadas sobre el tema para la economía mexicana. En el apartado 2, se presentan las fuentes de datos y las técnicas de análisis: estimación de coeficientes, contrastes de hipótesis, análisis de conglomerados y explicación causal de las diferencias interestatales. En el tercer apartado se interpretan y discuten los resultados. El último apartado contiene las conclusiones.

1. LA LEY DE OKUN EN MÉXICO

Okun (1962) estaba interesado en conocer cuánto puede producir una economía en condiciones de pleno empleo. Para ello, analizó la relación entre el crecimiento del Producto Nacional Bruto (PNB) y la tasa de desempleo.² Utilizó tres ecuaciones distintas que estimó con datos

² Un detalle que explican Guisinger *et al.* (2018) es que Okun (1962) utilizó el PNB en vez del Producto Interno Bruto (PIB). No obstante, en estudios posteriores, especialmente a partir de

trimestrales de Estados Unidos para el periodo 1947-1960. Obtuvo los siguientes resultados para sus dos primeras ecuaciones:

$$\Delta u = 0.30 - 0.30 \dot{Y} \quad (1)$$

$$u_t = 3.72 + 0.36 \frac{Y_t - \bar{Y}_t}{\bar{Y}_t} \quad (2)$$

donde ut es la tasa de desempleo en el momento t , Y_t es el PNB real correspondiente, Δu representa la variación interanual de la tasa de desempleo ($\Delta u = ut - ut_{-1}$), $\dot{Y}$ es la tasa de variación del PNB real ($\dot{Y} = \Delta Y / Y_{t-1}$), $\bar{Y}_t$ es el PNB potencial de pleno empleo. Para la tercera ecuación, que explica el logaritmo de la tasa de empleo en función del logaritmo del PNB real y de una tendencia temporal, Okun (1962) no ofrece un resultado concreto, sino que indica que el coeficiente estimado para la “elasticidad producto de la tasa de empleo” oscila entre 0.35 y 0.40 dependiendo del periodo temporal elegido.

Estas cifras, unidas a los coeficientes de las ecuaciones 1 y 2, llevaron a Okun (1962) a concluir que había uniformidad en las estimaciones y que las variaciones de la producción y el desempleo se relacionan a razón de 3 a 1. Okun advierte las limitaciones de esta proporción. Explica que las tasas de desempleo que utiliza para estimar los modelos abarcan de alrededor de 3% a 7.5%, de manera que sus resultados no deben extrapolarse fuera de ese rango. Además, razona que el crecimiento de la producción y del número de trabajadores no puede darse en esa proporción, que otros elementos también cambian al mismo tiempo, pero que no los explicita en sus ecuaciones para simplificar el asunto y obtener una regla básica. De manera más precisa, asume “que, cualquiera que sea la influencia de la atonía de la actividad económica en el promedio de horas, la participación en la fuerza laboral y la productividad de la hora-hombre, la magnitud de todos estos efectos está relacionada con la tasa de desempleo” (Okun, 1962, p 2).

La proporción de Okun varía en la medida en que estos otros factores reaccionan de manera distinta. Por ello, no cabe esperar que sea igual en todas las economías ni todo el tiempo (Okun, 1974). No

Palley (1993), la práctica habitual ha sido elegir el PIB ya que representa de manera más precisa el nivel de producción en el territorio nacional.

obstante, las investigaciones realizadas al respecto encuentran que es una norma bastante regular (Ball *et al.*, 2017).

La primera estimación de la relación de las variaciones del producto real y la tasa de desempleo para México la calcula González (1999 y 2002), quien obtiene un valor absoluto de 0.12 para la pendiente de un modelo semejante a la primera ecuación de Okun, lo que se ha dado en llamar “coeficiente de Okun”. Esta cifra es baja en comparación con las de los otros países de su estudio, en el que México sólo supera a Bolivia (0.01) y Paraguay (0.06) de un total de 12 países iberoamericanos (González, 2002).

También en esos años, Chavarín (2001) efectúa un análisis aplicado exclusivamente al caso de México. Utiliza datos trimestrales del periodo 1987-2000 para estimar varias especificaciones con “elementos teóricos diversos y técnicas econométricas más actualizadas” (p. 210), como un modelo autorregresivo de rezagos distribuidos y otro de rezagos distribuidos con expectativas en precios y salarios. Además, invierte la dirección de la causalidad con respecto a la Ecuación 1 de Okun porque busca conocer el costo del desempleo medido en producto. Esto es algo que también hace Okun (1962), pero de manera imprecisa como advierten Barreto y Howland (1993) y el mismo Okun en unos comentarios a Perry (1971). Los coeficientes de la relación inversa llevan a Chavarín (2001, p. 229) a concluir que “el valor calculado de la ley de Okun para México es de alrededor de 2.4, que es el costo porcentual que un punto de desempleo causa en el producto.”

Otro estudio que centra su atención en México es el de Liquitaya y Lizarazu (2004). Estos autores aplican un análisis de cointegración con datos trimestrales del periodo 1980-2002 encontrando que el sentido de la causalidad es más fuerte desde el producto hacia la tasa de desempleo y que la relación de Okun no es simétrica en las expansiones y recesiones de la economía: la tasa de desempleo varía más en los periodos recesivos por cada 1% de cambio en el producto real. Para la Ecuación 1 de Okun obtienen un coeficiente de 0.2011.

Rodríguez y Peredo (2007) utilizan datos trimestrales de 1987 a 2003 y obtienen unos coeficientes de -2.47, -3.73 y 2.65 para tres modelos que proponen. El primero, el más parecido a la Ecuación 1 de Okun, indica que “la tasa de crecimiento del desempleo abierto disminuye en promedio en -2.47” (p. 67) por cada 1% de aumento de la tasa de variación del PIB real. En sentido estricto, no calculan un coeficiente de Okun,

sino la elasticidad de la tasa de desempleo con respecto a la producción. Ibragimov e Ibragimov (2017) distinguen estos casos, explicando que las estimaciones e interpretaciones de los coeficientes cambian según se elija la variación absoluta, Δu , o la tasa de variación, $\dot{u}$, de la tasa de desempleo como variable de análisis. Okun (1962) calculó la relación entre el crecimiento económico y el desempleo en términos de la primera. Otros autores, como Rodríguez y Peredo (2007), Loría *et al.* (2015), Alarcón y Soto (2017) o Loría *et al.* (2021), han optado por la segunda.

Loría y Ramos (2007) estiman los tres modelos de Okun con datos anuales de 1970 a 2004 para México. Los propios autores calculan la tasa de desempleo, que difiere de las cifras oficiales. Con ello obtienen unos coeficientes de 0.403 a 0.481 según el modelo especificado. Estas cifras les permiten afirmar que “la ley de Okun se cumple para la economía mexicana, con magnitudes propias de una economía que sufre alto desempleo estructural, que es intensiva en trabajo y que registra en general baja productividad” (p. 28). Además, prueban la existencia de causalidad bidireccional en las variables.

Posteriormente, Loría y Ramírez (2008) incluyen la ley de Okun en un marco más amplio, vinculándola con la curva de Phillips. Estiman un modelo de vectores auto-regresivos estructurales (SVAR) con datos trimestrales de la economía mexicana para el periodo 1985-2008 y encuentran una “relación negativa contemporánea del desempleo al crecimiento económico, lo que confirma la presencia de la Ley de Okun en la economía mexicana” (p. 91).

Además, Loría *et al.* (2012) estiman el modelo de primeras diferencias de Okun distinguiendo por sexos y encuentran que el crecimiento económico afecta de manera desigual al desempleo de hombres y mujeres. Loría *et al.* (2015) analizan los efectos de la flexibilidad laboral sobre la tasa de desempleo, obteniendo que, “ante el crecimiento de un 1% en el PIB, la tasa de desempleo decrece en 0.102%” (p. 642). Más recientemente, Loría y Salas (2022) encuentran que, en México de 2005 a 2021, la ley de Okun sólo se verifica durante las fases recesivas.

Otros autores que han realizado aportaciones al tema son Islas y Cortez (2011 y 2013), quienes desagregan el análisis de la relación entre producto y desempleo en componentes transitorios (de corto plazo) y permanentes (de largo plazo) y advierten que “una disminución de un punto porcentual del empleo transitorio corresponde a un aumento de 1,6 punto porcentual del PIB real transitorio” (Islas y Cortez, 2013, p.

179). En un estudio posterior, Islas y Cortez (2018) analizan la asimetría del coeficiente de Okun ante las fases expansivas y recesivas de la economía concluyendo que el desempleo cíclico es más sensible a los cambios descendentes en la producción. García-Ramos (2019) también encuentra que la reacción de la tasa de desempleo ante las variaciones de la producción difiere según la fase del ciclo económico: cuando el PIB está por debajo del potencial, el impacto de su crecimiento en la tasa de desempleo es -0.43 puntos porcentuales, mientras que si el PIB está por encima del potencial, el impacto de su crecimiento en la tasa de desempleo es prácticamente nulo.

El primer análisis de la ley de Okun que muestra la heterogeneidad de las entidades federativas de México es el de Alarcón y Soto (2017). Estos autores, con datos anuales de 2003 a 2014, estiman la variante de elasticidades de la Ecuación 1 de Okun por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para cada una de las 32 entidades federativas del país y modelos de datos agrupados, efectos fijos y aleatorios para el conjunto. Alarcón y Soto (2017) no calculan coeficientes de Okun propiamente dichos, sino elasticidades de la tasa de desempleo con respecto a la producción. No obstante, el signo de ambas medidas coincide. En cuatro estados (Chiapas, Oaxaca, Tlaxcala y Zacatecas) no encuentran la relación negativa característica del desempleo con el crecimiento del PIB. Seguidamente, agrupan las entidades con similitudes en las tasas de desempleo y variaciones del PIB y que comparten ubicación geográfica, pero no indican el procedimiento utilizado para realizar las agrupaciones. Como señalan Loría *et al.* (2021), tampoco profundizan en los determinantes de estas diferencias interregionales. Para los modelos de datos de panel, prefieren la especificación de efectos fijos, “por lo que se prueba la existencia de una heterogeneidad estructural y que ésta responde a características particulares de cada entidad federativa” (Alarcón y Soto, 2017, p. 87). La estimación de este modelo les lleva a concluir que “un aumento de 1% en el PIB genera una disminución de 2.99% en la tasa de desempleo de las entidades” (p. 87).

El segundo análisis de datos de panel para la ley de Okun en México es el de Rojas (2019), que también utiliza información anual, pero para el periodo 2005-2016 y estimando la Ecuación 2 de Okun, en vez de la 1. Rojas (2019) contrasta que el mejor procedimiento de estimación es por efectos aleatorios, obtiene un coeficiente de 0.1319 para la pendiente del modelo y concluye que el mercado laboral mexicano es

poco sensible al crecimiento de la producción: “por cada punto porcentual de crecimiento del producto observado sobre el producto potencial la variación en el desempleo se reduciría en 0.13%” (p. 89).

La investigación más reciente por entidades federativas es la de Loria *et al.* (2021). A diferencia de las dos anteriores, ésta utiliza datos con periodicidad trimestral de 2004 a 2018. Ello permite a los autores disponer de un mayor número de observaciones con las que estiman la variante de elasticidades de la Ecuación 1 de Okun para cada entidad federativa, para México y como modelos de datos de panel. De esta forma, encuentran 22 entidades federativas que cumplen la ley de Okun (coeficientes significativos y con signo negativo) y 10 que no. Los coeficientes de las entidades que sí cumplen la ley oscilan entre -7.21 (Baja California) y -1.25 (Tlaxcala). Para el conjunto de datos prefieren la estimación de efectos fijos, que arroja un coeficiente de -1.34 . El modelo para la serie nacional presenta un coeficiente de -3.62 , que ilustra la diferencia entre considerar o no la heterogeneidad por estados. Además, analizan la capacidad explicativa de algunas variables, encontrando que únicamente el índice de estado de derecho y la tasa de condiciones críticas de ocupación son significativas para explicar las diferencias en los coeficientes y sólo entre las 22 entidades que sí cumplen la ley, no en todas. Otras variables, como la tasa de homicidios, las exportaciones o la tasa de ocupación en el sector informal, sólo aportan diferencias en el plano descriptivo, pero no en la relación causal.

2. TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y FUENTES DE DATOS

Según la evidencia existente, las distintas regiones de México presentan niveles de PIB y de desempleo desiguales. Asimismo, las variaciones de estas magnitudes difieren por estados y no siempre guardan la relación inversa que cabría esperar.

Para examinar en detalle estos aspectos, se propone partir de la Ecuación 1 de Okun, que en forma general puede expresarse como

$$\Delta u = \alpha + \beta \dot{Y} + \varepsilon \quad (3)$$

donde Δu es la variación anual de la tasa de desempleo, $\dot{Y}$ es la tasa de variación anual de la producción real, α es la constante del modelo, β es el parámetro de la pendiente (el coeficiente de Okun) y ε es el error. Se

trata de la misma especificación utilizada por Alarcón y Soto (2017) y Loría *et al.* (2021) para sus análisis de entidades federativas, pero con la tasa de desempleo expresada como variación absoluta, Δu , y no como tasa de variación, $\dot{u}$. Con ello, el modelo corresponde exactamente al propuesto por Okun (1962). Además, presenta la causalidad en el sentido que Liquitaya y Lizarazu (2004) y García-Ramos (2019) encuentran más fuerte, esto es, desde la variación del producto hacia la tasa de desempleo.

Esta Ecuación 3 puede estimarse con series de desempleo y producción para cada entidad federativa ($i=1, \dots, 32$) y para México en conjunto ($i=0$). Con ello se obtiene un par de coeficientes α_i y β_i por cada unidad territorial. Estas estimaciones permiten contrastar si el coeficiente de Okun de cada entidad federativa, β_i , es estadísticamente igual al del país, β_0 , y también si el coeficiente de una entidad en particular es igual o difiere del de otras entidades. Guisinger *et al.* (2018) siguen este procedimiento.

Para resolver los contrastes se utiliza la función

$$t_i = \frac{\hat{\beta}_i - \beta_{H0}}{S_{\hat{\beta}_i}} \sim t_{n-2} \quad (4)$$

donde $\hat{\beta}_i$ es el valor estimado del coeficiente de Okun en la entidad i -ésima, $S_{\hat{\beta}_i}$ es la desviación estándar de esa estimación, β_{H0} es el coeficiente de Okun con el que se compara, ya sea el nacional o el de otra entidad federativa, y n es el número de observaciones. Cada valor calculado para la Ecuación 4 se contrasta con los valores críticos de la distribución t con $n-2$ grados de libertad.

Dadas las diferencias interregionales de México, cabe esperar que la estimación de la Ecuación 3 genere coeficientes distintos por entidades federativas, como ya obtuvieron Alarcón y Soto (2017) y Loría *et al.* (2021), sólo que aquí esas diferencias se contrastan formalmente y se añade la búsqueda de patrones geográficos y de sus causas.

Los modelos de datos de panel permiten tener en cuenta la heterogeneidad estructural, pero en términos de elementos no especificados en el modelo y que quedan recogidos en diversos interceptos, α_i . Tanto los modelos de datos agrupados, como de efectos fijos o aleatorios estiman un único parámetro β , esto es, un coeficiente de Okun común para el conjunto de territorios analizados. No obstante, contemplan la posible

existencia de esa heterogeneidad y amplían el número de observaciones para sus cálculos. Por estas características, no hay garantía de que la estimación del parámetro β obtenida con la Ecuación 3 para las series nacionales coincida con la de un modelo de panel para las 32 entidades federativas.

Con el fin de disponer de esta otra información, se estiman modelos de datos de panel con especificaciones de datos agrupados, efectos fijos y efectos aleatorios, se contrasta cuál de las tres es la más apropiada mediante pruebas F , de Breusch-Pagan y de Hausman, y con la Ecuación 4 se verifica si el coeficiente de Okun así obtenido difiere o es estadísticamente igual al del modelo ajustado con las series nacionales y al de cada una de las 32 entidades federativas. Con los contrastes t de la Ecuación 4 se atiende al objetivo de verificar la existencia de diferencias regionales en la sensibilidad de la tasa desempleo ante el crecimiento económico y no sólo de heterogeneidad estructural genérica reflejada en una preferencia por las estimaciones de efectos fijos o aleatorios frente a la especificación de datos agrupados.

Como además se busca conocer si las entidades federativas con características similares en la relación producción-desempleo presentan algún patrón geográfico, se procede a realizar un análisis de conglomerados considerando como variables de partida las estimaciones para cada estado de los parámetros α y β , y el coeficiente de determinación, r^2 , de la Ecuación 3. El parámetro α indica la variación de la tasa de desempleo que tiene lugar en una situación de estancamiento económico, $\dot{Y}=0$. El parámetro β es el coeficiente de Okun y mide la variación de la tasa de desempleo que resulta de un incremento de un punto en la tasa de variación de la producción. El coeficiente r^2 de cada regresión refleja el porcentaje de variación de Δu explicado por $\dot{Y}$. El análisis de conglomerados permite conocer si hay entidades que comparten estas características y a la vez se distinguen de otras. Cabe esperar que los grupos detectados tengan una localización característica aún sin utilizar variables geográficas para su definición. Esto distingue el presente análisis del de Alarcón y Soto (2017, p. 85), que considera las “ubicaciones geográficas en común” como insumo para establecer los grupos de entidades y no como resultado del proceso de agrupamiento.

De manera más específica, el análisis de conglomerados que se propone para las 32 entidades federativas a partir de las tres variables α , β y r^2 se realiza en dos etapas. La primera consiste en la aplicación de un

procedimiento jerárquico utilizando el método de Ward con distancias euclídeas al cuadrado sobre las variables estandarizadas.³ Las variables se estandarizan para evitar que la diferencia de escalas incida en los resultados. Con ello se obtiene una secuencia de aglomeración. El criterio de Mojena (1977) sirve para conocer el punto en que debe interrumpirse esa secuencia y determinar el número de conglomerados que optimiza la diferenciación entre grupos y su homogeneidad interna. Este criterio invita a elegir como solución el número de conglomerados correspondiente al primer número natural j que satisface la desigualdad:

$$d_{j+1} > \bar{d} + kS_d \quad (5)$$

donde d_j son las distancias de aglomeración, y S_d son respectivamente la media y la desviación estándar muestral de las distancias de aglomeración, y k es una constante que toma el valor 1.25 siguiendo a Milligan y Cooper (1985).

La segunda etapa del procedimiento permite la reagrupación de las entidades federativas mediante la aplicación de un método no jerárquico. Los centroides de los conglomerados del método jerárquico se utilizan como semillas iniciales para la reubicación iterativa o aglomeración de k -medias. De este modo, la clasificación obtenida en el método jerárquico puede mejorar con el desplazamiento de entidades de un grupo a otro reduciendo la distancia utilizada para formar los conglomerados.

Las diferencias en la ecuación de Okun que dan lugar a estas agrupaciones reflejan que el crecimiento económico no influye de igual modo sobre el mercado de trabajo de todas las entidades y, más específicamente, sobre las tasas de empleo y desempleo. Por ello, resulta pertinente indagar acerca de algunos factores relacionados con estas diferencias.

Loría *et al.* (2021) sólo encuentran dos indicadores que explican la variedad de coeficientes de Okun de las entidades federativas: el índice de estado de derecho y la tasa de condiciones críticas de ocupación. Para México, éste es el único análisis al respecto. Pero a

³ Además del método de Ward, se probaron los agrupamientos: simple (o vecino más próximo), completo (o vecino más lejano), medio, de centroides y de medianas. Todos generaron resultados similares, aunque menos claros que los del método de Ward. También se probaron diferentes distancias: Manhattan, Minkowski y Chebyshev; que generaron las mismas agrupaciones excepto las dos últimas que clasificaron a Tabasco en otro grupo. Se prefirió la clasificación de las distancias euclídeas al cuadrado y de las Manhattan por coincidir exactamente con la significancia o no de los coeficientes de Okun de cada entidad federativa.

nivel internacional existe evidencia de que al menos la proporción de empleos en el sector primario (Furceri *et al.*, 2020), la proporción de empleo público (Binet y Facchini, 2013) y el porcentaje de habitantes en áreas rurales (Herwartz y Niebuhr, 2011; Furceri *et al.*, 2020) se asocian con mayor estabilidad del empleo, menor sensibilidad de la tasa de desocupación a las variaciones en la producción y coeficientes de Okun cercanos a cero (poco significativos). Lo contrario ocurre con la proporción de empleos en la industria manufacturera (Gonzalez-Prieto *et al.*, 2018; Bande y Martín, 2018), muy ligada al ciclo económico. Además, Ball *et al.* (2019) y An *et al.* (2021) encuentran que los niveles de desarrollo condicionan la sensibilidad de la tasa de desempleo, que se duplica en las regiones más desarrolladas. De modo similar, la pobreza puede afectar a la relación desempleo-crecimiento. Como explica Negrete (2011, p. 153), “al no existir un seguro de desempleo y tampoco los ahorros necesarios para estar desempleado mientras se consigue un trabajo, los desocupados se dedican a cualquier actividad que les represente un ingreso”. La población con escasos recursos *tiene* que trabajar con independencia de la fase del ciclo económico. No pueden estar desocupados y la existencia de un amplio sector informal facilita que realicen alguna actividad. Como plantea Ros (2013), el mercado de trabajo informal se nutre de trabajadores que abandonan el sector formal.

Por lo mencionado, cabe esperar que las entidades federativas con mayores niveles de pobreza, condiciones críticas de ocupación, informalidad laboral, empleo en el sector primario, empleo en el sector público, residentes en áreas rurales y menor desarrollo y proporción de empleados en las manufacturas no se ajusten a las variaciones de la producción a través de cambios en las tasas de empleo y desempleo (que tenderán a ser más estables), sino mediante variaciones en otros factores, como la productividad o la tasa de participación en la actividad económica. En estas entidades, la sensibilidad de la tasa de desempleo ante cambios en la producción será mínima y el coeficiente de Okun cercano a cero. En cambio, en las entidades donde predominen las características opuestas, una mayor parte del ajuste ante cambios en la producción se dará a través de las tasas de empleo y desempleo, y el coeficiente de Okun se alejará de cero, con signo negativo.

Herwartz y Niebuhr (2011), Gonzalez-Prieto *et al.* (2018), Furceri *et al.* (2020) y Loria *et al.* (2021) verifican estas relaciones mediante

regresiones que explican los valores del coeficiente de Okun con algunas de las variables enunciadas. Aquí se propone seguir ese procedimiento anticipando que las variables explicativas se relacionan entre ellas y solapan sus explicaciones. Debido a esto, habrá que estimar regresiones simples y múltiples con el fin de controlar esas interacciones e identificar las explicaciones redundantes.

Para la estimación de la Ecuación 3 en su versión de series de tiempo para México y cada una de las 32 entidades federativas y como modelos de panel de datos agrupados, efectos fijos y efectos aleatorios, se utiliza información de la ENOE (Inegi, 2022a). En concreto, se recurre a las series de “población desocupada” y “población económicamente activa” por entidad federativa, que tienen periodicidad trimestral y abarcan de manera continuada desde el primer trimestre de 2005 al primero de 2020. La tasa de desempleo (desocupación), u , de cada trimestre y unidad territorial se calcula dividiendo la población desocupada por la población económicamente activa. Luego, para estas tasas trimestrales se calcula su variación anual, Δu .

Por su parte, la producción real, Y , se asimila al Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal (ITAE) (Inegi, 2022c), como también hacen Loría *et al.* (2021). Con los datos del ITAE se calculan tasas de variación interanual, $\dot{Y}$. Cabe mencionar que el ITAE es un índice del PIB real con base 100=2013, por lo que sus valores no son los del PIB, pero sus tasas de variación, que es lo que aplica al caso, son equivalentes.

El análisis se interrumpe tras el primer trimestre de 2020 porque la ENOE no registró datos para el segundo trimestre de ese año debido a la epidemia de covid. Además, los pocos datos disponibles que hay desde entonces hasta la actualidad responden a otra metodología, las cifras del ITAE de los últimos trimestres aún están sujetas a revisión y, como argumentan Kiss *et al.* (2022), la inclusión de datos afectados por la Covid-19 merecería tratamiento de outliers. Dadas estas características no parece prudente incluir esos datos, al menos por el momento, ya que pueden generar más distorsiones que contribuir a la explicación del fenómeno. En total, se dispone de 57 observaciones por serie (Δu y $\dot{Y}$) y entidad federativa.

Las variables explicativas de las diferencias en los coeficientes de Okun se refieren en su mayoría a características de los mercados laborales. Por ello, se obtienen también de la ENOE. Así ocurre con las proporciones de empleos en el sector primario, en la industria manufac-

turera y en el sector público, que se calculan dividiendo el número de ocupados en el sector “primario”, en la “industria manufacturera” y en “gobierno y organismos internacionales”, respectivamente, por la población ocupada total de cada estado y trimestre. Posteriormente, para cada entidad federativa se calcula el promedio del periodo que comprende del primer trimestre de 2005 al primer trimestre de 2020.

Como medidas de la calidad de los empleos se utilizan las tasas de condiciones críticas de ocupación (TCCO) y de informalidad laboral (TIL2) que publica la ENOE. Al igual que Loría *et al.* (2021) con la TCCO, ambas variables se expresan como promedio aritmético del periodo para cada entidad federativa. La informalidad laboral se mide con la TIL2 que, a diferencia de la TIL1, no considera a los ocupados agropecuarios. Esta elección es congruente con el hecho de que ya se están incluyendo como variables explicativas la proporción de empleados en el sector primario y de habitantes en áreas rurales. Para el caso, se comprobó que la capacidad explicativa de la TIL1 es ligeramente inferior a la de la TIL2.

Inegi (2022d) identifica a la población rural con “la gente que vive en localidades menores de 2,500 habitantes”. La proporción de residentes en estas localidades para cada entidad federativa se puede conocer a partir de los datos de los censos de población y vivienda. Al no haber información para todos los años del análisis, se toman los datos del Censo de 2010 (Inegi, 2013) por tratarse de un año intermedio.

Como medida de desarrollo se utiliza el índice de desarrollo humano (IDH) que calcula el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2016) para las entidades federativas en varios años de 1950 a 2010. Por el mismo motivo que en la variable de población rural, se eligen los datos del año 2010.

La condición de pobreza se representa mediante el porcentaje de población en situación de pobreza multidimensional que calcula Coneval (2019) para cada entidad federativa. Como estos datos tienen periodicidad bienal desde 2008 a 2018, se eligen las cifras de 2012 por ser el año más próximo al punto medio del periodo que se analiza.

3. RESULTADOS

En el periodo analizado, las tasas de desempleo variaron entre el mínimo de Guerrero en el cuarto trimestre de 2005, 0.73%, y el máximo de Coahuila en el tercer trimestre de 2009, 9.60%. El promedio se situó en

4.06%. Se trata de unas cifras relativamente bajas incluso para los años de crisis. Chihuahua fue el estado que registró el mayor incremento interanual de la tasa de desempleo, que pasó de 4.65% a 9.51% entre los terceros trimestres de 2008 y 2009. Asimismo, fue el estado con el mayor descenso interanual, 2.71 puntos porcentuales desde el cuarto trimestre de 2009 al cuarto de 2010.

El mayor crecimiento interanual del ITAEE tuvo lugar en Coahuila entre los segundos trimestres de 2009 y 2010. El mayor decrecimiento también se dio en Coahuila, justo un año antes, coincidiendo con la mayor tasa de desempleo observada, ya mencionada en el párrafo anterior. Esta relación inversa entre crecimiento económico y evolución de la tasa de desempleo queda resumida en el coeficiente de Okun.

La estimación de la Ecuación 3 para cada entidad federativa arroja los valores de la Tabla 1. Como se puede observar, predominan los coeficientes β negativos pero también los hay positivos. Su rango de variación es de apenas 0.25 unidades, desde el máximo de Zacatecas (0.0212) al mínimo de Baja California (-0.2325). Destaca el hecho de que ninguna entidad alcanza la cifra estimada por Okun (1962): -0.30; de manera que la relación entre el crecimiento económico y la reducción de la tasa de desempleo es en todos los casos menos intensa que en el análisis seminal. No obstante, la relación negativa y estadísticamente significativa característica de la ley de Okun se observa en 21 entidades federativas: 12 de ellas con confianza de al menos 99.9%, seis con confianza de 99%, y tres más al 95%.

Frente a estos casos, 11 entidades no presentan evidencia de relación significativa entre el crecimiento del PIB real y la variación de la tasa de desocupación. Ocho de estas 11 entidades muestran coeficientes con signo negativo (Campeche, Durango, Guerrero, Morelos, Sinaloa, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz) y tres positivo (Chiapas, Oaxaca y Zacatecas).

Al igual que en los análisis de Alarcón y Soto (2017) y de Loría *et al.* (2021) hay más evidencia a favor que en contra de la ley de Okun y se advierten valores bastante heterogéneos. Alarcón y Soto (2017) obtienen coeficientes positivos para Chiapas, Oaxaca, Tlaxcala y Zacatecas. En este caso, Tlaxcala presenta signo negativo, pero no significativo, y las otras tres entidades coinciden en mostrar signos positivos, contrarios al planteamiento de Okun.

TABLA 1
COEFICIENTES DE LA ECUACIÓN 3 PARA MÉXICO Y SUS 32 ENTIDADES FEDERATIVAS,
2005-2020

	α_i		β_i		r_i^2
Estados Unidos Mexicanos	0.2903	***	-0.1460	***	0.5494
Aguascalientes	0.2136		-0.0783	**	0.1412
Baja California	0.5702	***	-0.2325	***	0.6180
Baja California Sur	0.3721	*	-0.0508	**	0.1451
Campeche	-0.1343		-0.0386		0.0584
Coahuila	0.2341	*	-0.1048	***	0.4708
Colima	0.2649	*	-0.0702	**	0.1351
Chiapas	0.0668		0.0040		0.0009
Chihuahua	0.6368	***	-0.2091	***	0.3792
Ciudad de México	0.2445		-0.1209	**	0.1700
Durango	0.0749		-0.0241		0.0028
Guanajuato	0.2533		-0.0845	**	0.1381
Guerrero	0.0690		-0.0292		0.0220
Hidalgo	0.2697	*	-0.1283	***	0.2864
Jalisco	0.2521	*	-0.1104	***	0.2300
Estado de México	0.3299	*	-0.1289	***	0.2767
Michoacán	0.1411		-0.0600	*	0.1078
Morelos	0.0190		-0.0299		0.0359
Nayarit	0.2074	*	-0.0468	*	0.0936
Nuevo León	0.4536	***	-0.1760	***	0.5506
Oaxaca	-0.0186		0.0164		0.0074
Puebla	0.1489		-0.0729	***	0.2845
Querétaro	0.8604	***	-0.2277	***	0.3984
Quintana Roo	0.3143	*	-0.0709	***	0.2346
San Luis Potosí	0.2538	*	-0.0902	***	0.2009
Sinaloa	0.0755		-0.0365		0.0302
Sonora	0.2645		-0.0762	*	0.1026
Tabasco	0.2366		-0.0150		0.0058
Tamaulipas	0.0580		-0.0954	**	0.1388
Tlaxcala	0.0203		-0.0284		0.0496
Veracruz	0.0971		-0.0378		0.0426
Yucatán	0.1574	*	-0.0705	***	0.1903
Zacatecas	-0.0375		0.0212		0.0089

Fuente: Elaboración propia con datos de Inegi (2022a y c).

Nota: *, **, ***, indican estimaciones significativas con confianzas de 95, 99 y 99.9%, respectivamente.

Loría *et al.* (2021) consideran que los coeficientes son significativos y con el signo correcto en 22 entidades federativas. Las discrepancias con los resultados de la Tabla 1 se encuentran en los casos de Puebla y Yucatán, que Loría *et al.* (2021) no encuentran significativos; y en

Sinaloa, Tlaxcala y Veracruz, que ellos identifican como significativos, y aquí no lo son.

La estimación para las series nacionales genera un coeficiente de Okun de -0.1460 , plenamente significativo (Tabla 1). Este valor es la mitad del obtenido por Okun (1962) para Estados Unidos, pero muy próximo a las cifras calculadas para México por González (2002), Liquitaya y Lizarazu (2004) y Rojas (2019).

Los modelos de panel con las 32 entidades federativas generan coeficientes de Okun de -0.0688 en las especificaciones de datos agrupados y efectos aleatorios, y -0.0769 con efectos fijos, todos ellos significativos con confianza de 99.9%. El estadístico F toma un valor de 1.2403, que impide rechazar la hipótesis de que las 32 entidades federativas tienen un intercepto común, de manera que se prefiere la especificación de datos agrupados frente a la de efectos fijos. Por su parte, el estadístico del contraste de Breusch-Pagan es $LM=0.1642$, indicando que la varianza de los errores específicos (la variación de los efectos aleatorios) puede considerarse nula, de manera que la estimación de efectos aleatorios por mínimos cuadrados generalizados (MCG) coincide con la de datos agrupados por MCO,⁴ prefiriéndose esta última por ser más sencilla. Además, la prueba de Hausman, con un estadístico de contraste $Q=27.3323$, rechaza que los estimadores de MCG sean consistentes.

Las distintas pruebas indican que el modelo de datos agrupados resulta el más apropiado para describir el caso. Como se ha mencionado, el coeficiente de Okun estimado con esta especificación alcanza un valor de -0.0688 , que es poco menos de la mitad del que genera el modelo de regresión simple ajustado con las series nacionales: -0.1460 (Tabla 1). Melguizo (2016) encuentra una diferencia en el mismo sentido en el análisis que realiza para las provincias de España y advierte que hay un sesgo en los modelos de panel: si la tasa de desempleo es menos sensible al crecimiento económico en las regiones menos pobladas, como ocurre en España y en México,⁵ el coeficiente de Okun tiende a aproximarse más a cero en el modelo de panel, que pondera igual a todas las unidades territoriales asignando un mayor peso relativo a las

⁴ Esta misma coincidencia en las estimaciones de datos agrupados y efectos aleatorios puede encontrarse en Alarcón y Soto (2017).

⁵ Se puede comprobar que los coeficientes de Okun de la Tabla 1 mantienen una correlación baja, aunque en el sentido indicado, con la población de cada estado en 2010; en concreto, $r=-0.2139$.

menos pobladas en comparación con el modelo estimado a partir de las series nacionales. En el caso de México, la diferencia entre -0.0688 y -0.1460 es significativa con confianza de al menos 99.9%.

El hecho de que el modelo de panel más adecuado sea el de datos agrupados indica que no hay suficiente heterogeneidad en los elementos no contemplados en la Ecuación 3 como para preferir una especificación de efectos fijos. Esto puede deberse a que las diferencias entre entidades se encuentran en los propios coeficientes de Okun. Como se observa en la Tabla 2, el coeficiente de Okun de 24 entidades federativas difiere del nacional con confianza de al menos 95%, y en 12 casos hay diferencias significativas con el coeficiente del modelo de datos agrupados. Procediendo del mismo modo, Guisinger *et al.* (2018) sólo encontraron diferencias en 7 de los 50 estados de los Estados Unidos y, al contrastar por pares de estados, únicamente 21.6% de los pares presentaban coeficientes distintos con confianza de 95%. En este caso, al comparar por pares de entidades federativas, se obtiene que hasta 54.9% de los contrastes rechazan la hipótesis de igualdad de coeficientes de Okun. El grado de heterogeneidad resulta sustancialmente superior al reportado por Guisinger *et al.* (2018) para los Estados Unidos.

TABLA 2
ESTADÍSTICOS t PARA LOS CONTRASTES DE IGUALDAD DE COEFICIENTES DE OKUN CON RESPECTO A LA ESTIMACIÓN NACIONAL (-0.1460) Y DE DATOS AGRUPADOS (-0.0688)

	$\beta_{H0} = -0.1460$	$\beta_{H0} = -0.0688$
Aguascalientes	2.5981 *	-0.3636
Baja California	-3.5104 ***	-6.6393 ***
Baja California Sur	5.7299 ***	1.0880
Campeche	5.1361 ***	1.4467
Coahuila	2.7454 **	-2.4016 *
Colima	3.1634 **	-0.0571
Chiapas	8.1541 ***	3.9618 ***
Chihuahua	-1.7498	-3.8881 ***
Ciudad de México	0.6957	-1.4453
Durango	2.0037	0.7355
Guanajuato	2.1596 *	-0.5500
Guerrero	4.4489 ***	1.5098
Hidalgo	0.6450	-2.1782 *
Jalisco	1.3073	-1.5250
Estado de México	0.6087	-2.1369 *
Michoacán	3.6983 ***	0.3821
Morelos	5.5417 ***	1.8577

TABLA 2 (CONTINUACIÓN)

	$\beta_{H_0} = -0.1460$		$\beta_{H_0} = -0.0688$	
Nayarit	5.0462	***	1.1205	
Nuevo León	-1.4024		-4.9988	***
Oaxaca	6.3252	***	3.3203	**
Puebla	4.6898	***	-0.2590	
Querétaro	-2.1652	*	-4.2098	***
Quintana Roo	4.3476	***	-0.1193	
San Luis Potosí	2.3007	*	-0.8797	
Sinaloa	3.9285	***	1.1606	
Sonora	2.2972	*	-0.2417	
Tabasco	4.9450	***	2.0330	*
Tamaulipas	1.5765		-0.8294	
Tlaxcala	7.0029	***	2.4069	*
Veracruz	4.4778	***	1.2852	
Yucatán	3.8540	***	-0.0823	
Zacatecas	5.5310	***	2.9793	**

Fuente: Elaboración propia con datos de Inegi (2022a y c).

Nota: *, **, ***, indican diferencias significativas con confianzas de 95, 99 y 99.9%, respectivamente.

Dadas estas diferencias, es importante conocer cómo se estructuran y ver si hay estados que comparten características al tiempo que se distinguen de otros. En este sentido, el análisis de conglomerados aporta información útil. En primer lugar, indica que el número de grupos de entidades federativas con características diferenciadas es tres. La revisión de las distancias de aglomeración y el criterio de Mojena (1977) llevan a establecer la regla de parada del proceso jerárquico en tres grupos. El posterior análisis de k-medias no recomienda la reubicación de ninguna entidad federativa, lo que da muestra de la robustez del resultado de la conglomeración, que separa a las entidades del siguiente modo:

- Grupo 1: Baja California, Chihuahua, Nuevo León y Querétaro.
- Grupo 2: Aguascalientes, Baja California Sur, Coahuila, Colima, Ciudad de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Nayarit, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas y Yucatán.
- Grupo 3: Campeche, Chiapas, Durango, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Sinaloa, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas.

Las cuatro entidades federativas del Grupo 1 se caracterizan por altos valores de α y r^2 , y bajos valores de β (Tabla 3). La tasa de variación de la producción explica bastante bien por sí sola la evolución de la tasa de

desempleo. En los casos de Baja California ($r^2=0.6180$) y Nuevo León ($r^2=0.5506$) incluso explica por encima de 50%. Los incrementos de las tasas de desempleo ante un año de crecimiento nulo, α , son los cuatro más altos del país. Incluso Nuevo León ($\alpha=0.4536$), con el valor más bajo del grupo, supera a la siguiente entidad con el intercepto más alto: Baja California Sur ($\alpha=0.3721$). En Querétaro, en un año de completo estancamiento, la tasa de desempleo tiende a incrementarse en $\alpha=0.8604$ puntos porcentuales. Además, estas cuatro entidades son las de mayor sensibilidad de la tasa de desempleo a las variaciones de la producción (coeficientes de Okun, β , más alejados de cero).

TABLA 3
CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS DE ENTIDADES FEDERATIVAS

Intercepto, α :			
Grupo	Promedio	Mínimo	Máximo
1	0.6303	0.4536	0.8604
2	0.2341	0.0580	0.3721
3	0.0426	-0.1343	0.2366
Pendiente, coeficiente de Okun, β :			
Grupo	Promedio	Mínimo	Máximo
1	-0.2113	-0.2325	-0.1760
2	-0.0859	-0.1289	-0.0468
3	-0.0180	-0.0386	0.0212
Coeficiente de determinación, r^2 :			
Grupo	Promedio	Mínimo	Máximo
1	0.4865	0.3792	0.6180
2	0.1968	0.0936	0.4708
3	0.0240	0.0009	0.0584

Fuente: Elaboración propia con datos de Inegi (2022a y c).

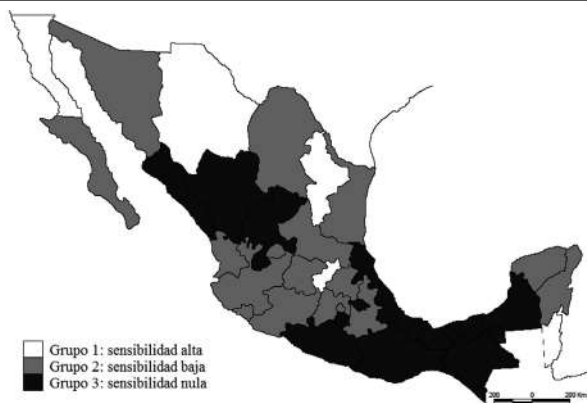
El Grupo 2 está formado por 17 entidades federativas que se caracterizan por tener valores intermedios en los tres parámetros considerados. Los interceptos abarcan de $\alpha=0.0580$, en Tamaulipas, a $\alpha=0.3721$, en Baja California Sur. Son siempre inferiores a los del Grupo 1, pero se entremezclan con los del Grupo 3, cuyo máximo es Tabasco ($\alpha=0.2366$). El coeficiente de Okun toma valores bajos, pero aun así estadísticamente distintos de cero: desde $\beta=-0.1289$ en el Estado de México hasta $\beta=-0.0468$ en Nayarit, que es la última entidad con significatividad de 95%. Los ajustes de este grupo apenas pueden calificarse como endebles. Sólo Coahuila presenta un r^2 superior a 30%. Los demás estados

quedan comprendidos entre $r^2=0.2864$, de Hidalgo, y $r^2=0.0936$, de Nayarit.

El Grupo 3 está formado por las 11 entidades federativas para las que el coeficiente de Okun es estadísticamente nulo, de manera que sus tasas de desempleo carecen de sensibilidad ante cambios en la producción. Esto tiene reflejo en sus coeficientes de determinación, que toman valores muy bajos, entre $r^2=0.0009$, en Chiapas, y $r^2=0.0584$, en Campeche. Asimismo, sus interceptos son prácticamente nulos.

Como se observa en el Mapa 1, la distribución geográfica de estos tres grupos presenta patrones claros. Las entidades sin relación entre el crecimiento económico y el desempleo (Grupo 3) se localizan en torno al eje del istmo de Tehuantepec (Campeche, Chiapas, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz) y en el centro-norte (Durango, Sinaloa y Zacatecas). Las entidades con mayor sensibilidad (Grupo 1) son Querétaro y tres de la frontera norte: Baja California, Chihuahua y Nuevo León. Las entidades con sensibilidad intermedia se encuentran mayoritariamente en el centro del país (Aguascalientes, Colima, Ciudad de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Nayarit, Puebla y San Luis Potosí), a las que se suman algunas de la frontera norte (Coahuila, Sonora y Tamaulipas), de la península de Yucatán (Quintana Roo y Yucatán) y Baja California Sur.

MAPA 1
SENSIBILIDAD DE LA TASA DE DESEMPLEO A LAS VARIACIONES EN LA PRODUCCIÓN,
2005-2020



Fuente: Elaboración propia con datos de Inegi (2022a y c).

Cabe destacar que Chiapas, Oaxaca y Zacatecas ni siquiera presentan coeficientes β con el signo negativo característico de la relación de Okun. En estas entidades, el decrecimiento económico se asocia más con reducciones que con incrementos de la tasa de desempleo, aunque de manera no significativa. Esta situación, que podría considerarse paradójica, se explica por las condiciones de vida de la población y las características de los mercados laborales. Sin seguro por desempleo y sin ahorros, gran parte de la población tiene que dedicarse a cualquier actividad que aporte algún ingreso (Negrete, 2011). No pueden permanecer desocupados. A ello se suma la existencia de un amplio mercado laboral informal en el que pueden insertarse y desarrollar alguna actividad económica durante al menos una hora a la semana, clasificando como ocupados según la definición de Inegi (2022b).

La estructura y características de los mercados de trabajo de estas regiones son claves para este resultado. La Tabla 4 resume algunos aspectos de las variables que ayudan a explicar los distintos valores del coeficiente de Okun. Como se observa, Chiapas y Oaxaca se reparten los valores máximos de los porcentajes de población con empleo en el sector primario, población rural, en pobreza multidimensional, TCCO y TIL2, así como el mínimo del IDH. Con las características contrarias aparecen Ciudad de México, Nuevo León y Chihuahua. Los porcentajes de empleos en la industria manufacturera y en el gobierno aportan información diferente. Quintana Roo es la entidad con menor porcentaje de empleos manufactureros, 5.78%, mientras que Coahuila alcanza el máximo, 25.88%. En el porcentaje de empleos en el gobierno, Puebla y Campeche presentan los valores mínimo y máximo, respectivamente.

TABLA 4
CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS

Variable explicativa	Promedio	Mínimo	Máximo
% empleo primario	14.66	0.48	Cd. México
% empleo manufactura	15.29	5.78	Quintana Roo
% empleo gobierno	5.02	2.71	Puebla
TCCO (%)	12.70	5.14	Nuevo León
TIL2 (%)	53.28	35.85	Chihuahua
% población rural	24.55	0.46	Cd. México
% pobreza	44.89	23.25	Nuevo León
IDH	0.83	0.72	Chiapas

Fuente: Elaboración propia con datos de Inegi (2013 y 2022a y c), Coneval (2019) y PNUD (2016).

Con los datos de todas las entidades federativas se pueden estimar los modelos de regresión resumidos en las Tablas 5 y 6. Como se observa en la Tabla 5, las entidades con menor IDH y porcentaje de trabajadores en la industria manufacturera, pero mayores porcentajes de empleo en el sector primario y en el gobierno, mayor TCCO, TIL2, porcentaje de población rural y pobreza tienden a presentar mayores coeficientes de Okun, llegando algunos a ser positivos como se ha comentado. En cambio, en las entidades con coeficientes de Okun negativos (especialmente las del Grupo 1) tienden a darse las condiciones contrarias: altos porcentajes de ocupados en la industria manufacturera, mayor IDH, menor proporción de trabajadores en el sector primario y el gobierno, menores condiciones críticas de ocupación, baja informalidad, población más urbana y menos pobreza.

El predominio de empleo en sectores menos sensibles a los ciclos económicos y la existencia de un amplio mercado laboral informal facilitan que los ajustes ante variaciones del PIB se den a través de otros factores, principalmente la productividad. Estas condiciones favorecen que los trabajadores conserven su empleo o encuentren otro en el mercado informal en caso de un descenso de la actividad económica. En consecuencia, las tasas de empleo y desempleo apenas se modifican y el coeficiente de Okun tiende a anularse.

TABLA 5

ESTIMACIONES DE REGRESIONES SIMPLES QUE EXPLICAN LOS COEFICIENTES DE OKUN, β

Variable explicativa	Constante		Pendiente		r^2
% empleo primario	-0.1450	***	0.0046	***	0.4289
% empleo manufactura	0.0211		-0.0065	***	0.3944
% empleo gobierno	-0.1541	***	0.0151		0.1134
TCCO	-0.1559	***	0.0061	***	0.3135
TIL2	-0.2664	***	0.0035	***	0.3436
% población rural	-0.1372	***	0.0024	**	0.2768
% pobreza	-0.2145	***	0.0030	***	0.3531
IDH	0.5583	***	-0.7637	***	0.3811

Fuente: Elaboración propia con datos de Inegi (2013 y 2022a y c), Coneval (2019) y PNUD (2016).

Nota: *, **, ***, indican estimaciones significativas con confianzas de 95, 99 y 99.9%, respectivamente.

Como se mencionó anteriormente, algunas de las variables de la Tabla 5 ofrecen información redundante. Por ejemplo, el empleo primario es más probable en las zonas con mayor proporción de población rural. De modo similar, existe una asociación entre la TCCO y la TIL2, y entre

el IDH y la pobreza. Un modelo de regresión múltiple puede ayudar a detectar y controlar estos efectos.

Por los motivos señalados, la inclusión simultánea en un mismo modelo de las ocho variables explicativas de la Tabla 5 hace que algunas de ellas dejen de ser significativas. Los criterios de información de Akaike y de Hannan-Quinn señalan que el modelo que mejor compensa su capacidad explicativa y parsimonia sólo incluye como variables explicativas los porcentajes de empleos en el sector primario, en el gobierno, y la TIL2.

TABLA 6
ESTIMACIÓN DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE QUE EXPLICA LOS COEFICIENTES DE OKUN, β .

	Coefficiente	Error estándar	Significatividad
constante	-0.3127	0.0546	0.0000
% empleo primario	0.0034	0.0012	0.0087
% empleo gobierno	0.0190	0.0052	0.0011
TIL2	0.0017	0.0010	0.1214

Fuente: Elaboración propia con datos de Inegi (2022a y c).

Como se observa en la Tabla 6, las tres variables del modelo conjunto, que alcanza un $R^2=0.6260$, presentan coeficientes positivos. Esto resume la idea de que la tasa de desempleo es menos sensible a las variaciones en la producción (y el coeficiente de Okun es mayor, más cercano a cero o incluso positivo) donde hay mayores porcentajes de empleo en el sector primario y en el gobierno, y mayor informalidad. En estas regiones, la tasa de desempleo no actúa como elemento de ajuste ante las fluctuaciones de la producción.

CONCLUSIONES

El coeficiente de Okun es negativo y significativo en sólo 21 de las 32 entidades federativas de México durante el periodo 2005-2020. Además, en todos los casos, la intensidad de la relación desempleo-crecimiento económico es inferior a la detectada por Okun (1962). El coeficiente toma valores entre 0.02 (Zacatecas) y -0.23 (Baja California). Para el conjunto del país, el valor es -0.14 , muy parecido al que obtienen otras investigaciones para México. Estas cifras indican que, en términos generales, el crecimiento de la producción tiene poco efecto en la reducción del desempleo, ya que la relación entre estas

variables es relativamente débil incluso en los estados donde muestra mayor intensidad.

Las 11 entidades federativas con coeficientes de Okun estadísticamente nulos se concentran en el sur (Campeche, Chiapas, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz) y en el centro-norte del país (Durango, Sinaloa y Zacatecas). Las características de sus mercados laborales hacen que las fluctuaciones en la producción se correspondan con cambios en la productividad y en otros factores, de manera que la tasa de desempleo permanece estable o evoluciona con independencia del ciclo económico. En estas entidades sería necesario actuar sobre las restricciones del mercado laboral, que impiden los ajustes a través de la tasa de desempleo pero los facilitan por el sector informal, acosta de la productividad y de las condiciones laborales. Como se ha visto, el abatimiento de la pobreza y la promoción del desarrollo serían relevantes para este propósito.

Las entidades donde la tasa de desempleo responde en mayor medida a los cambios en la producción se caracterizan por menores proporciones de empleos en el sector primario y en el gobierno, mayor proporción de empleos en la industria manufacturera, menor proporción de población rural, menos pobreza, informalidad y condiciones críticas de ocupación, y mayor nivel de desarrollo.

Finalmente, merece la pena resaltar una limitación del análisis. Los datos utilizados corresponden a un periodo de lento crecimiento (Ros, 2013), lo que condiciona las relaciones estimadas. Nada garantiza que las sensibilidades de las tasas de desempleo ante las variaciones del PIB sean las mismas con mayores ritmos de crecimiento de la producción. No obstante, ante la persistencia del estancamiento, esta investigación sirve de referencia ya que verifica y cuantifica las diferencias regionales en el coeficiente de Okun desde 2005, muestra su distribución geográfica y explica sus causas, como se propuso de objetivo.

REFERENCIAS

- Aguiar-Conraria, Luis, Martins, Manuel M. F. y Soares, Maria J. (2020). Okun's law across time and frequencies. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 116, 103897. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2020.103897>
- Alarcón, Moisés A. y Soto, Irvin M. (2017). Heterogeneidad estructural en la estimación de la Ley de Okun para el caso mexicano. *Realidad, Datos y*

- Espacio: Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 8 (3), 73-92. https://rde.inegi.org.mx/rde_23/rde_23_art05.pdf
- An, Zidong, Bluedorn, John y Ciminelli, Gabriele (2021). Okun's law, development, and demographics: differences in the cyclical sensitivities of unemployment across economy and worker groups. Working Paper núm. 270, International Monetary Fund. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2021/11/12/Okun-s-Law-Development-and-Demographics-Differences-in-the-Cyclical-Sensitivities-of-506819>
- Ball, Laurence, Leigh, Daniel y Loungani, Prakash (2017). Okun's law: fit at 50?. *Journal of Money, Credit and Banking*, 49 (7), 1413-1441. <https://doi.org/10.1111/jmcb.12420>
- Ball, Laurence, Furceri, Davide, Leigh, Daniel y Loungani, Prakash (2019). Does one law fit all? Cross-country evidence on Okun's law. *Open Economies Review*, 30, 841-874. <https://doi.org/10.1007/s11079-019-09549-3>
- Bande, Roberto y Martín, Ángel (2018). Regional differences in the Okun's relationship: new evidence for Spain (1980-2015). *Investigaciones Regionales*, 41, 137-165. <https://investigacionesregionales.org/wp-content/uploads/sites/3/2018/11/05-BANDE.pdf>
- Barreto, Humberto y Howland, Frank (1993). There are two Okun's law relationships between output and unemployment. Wabash College Working Paper. https://www.researchgate.net/publication/228421484_There_Are_Two_Okun's_Law_Relationships_between_Output_and_Unemployment
- Binet, Marie-Estelle y Facchini, Francois (2013). Okun's law in the French regions: a cross-regional comparison. *Economics Bulletin*, 33 (1), 420-433. <http://www.accessecon.com/Pubs/EB/2013/Volume33/EB-13-V33-I1-P41.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) (2016). *Productividad y brechas estructurales en México*, CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40165/1/S1600553_es.pdf
- Chavarín, Rubén (2001). El costo del desempleo medido en producto: una revisión empírica de la ley de Okun para México. *El Trimestre Económico*, 68 (270), 209-231. <https://www.jstor.org/stable/20857058>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval) (2019). *Medición de la pobreza: Resultados a nivel nacional y por entidad federativa 2008-2018*. CONEVAL. <https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza-2018.aspx>
- Elhorst, J. Paul y Emili, Silvia (2022). A spatial econometric multivariate model of Okun's law. *Regional Science and Urban Economics*, 93, 103756. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2021.103756>
- Friedman, Benjamin M. y Wachter, Michael L. (1974). Unemployment: Okun's law, labor force, and productivity. *The Review of Economics and Statistics*, 56 (2), 167-176. <https://doi.org/10.2307/1924436>

- Furceri, Davide, Jalles, João Tovar y Loungani, Prakash (2020). On the determinants of the Okun's law: new evidence from time-varying estimates. *Comparative Economic Studies*, 62, 661-700. <https://doi.org/10.1057/s41294-019-00111-1>
- García-Ramos, Manuel (2019). The impact of the output gap on the unemployment rate: evidence from Mexico, 1987Q1-2018Q4. *Ecos de Economía: A Latin American Journal of Applied Economics*, 23 (48), 4-15. <https://doi.org/10.17230/ecos.2019.48.1>
- Gilbert, Ronald D. (1973). Okun's law: some additional evidence. *Nebraska Journal of Economics and Business*, 12 (1), 51-60. <https://www.jstor.org/stable/40472445>
- González, José A. (1999). *Labor market flexibility in thirteen Latin American countries and the United States: revisiting and expanding Okun coefficients*. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/864361468768724600/labor-market-flexibility-in-thirteen-latin-american-countries-and-the-united-states-revisiting-and-expanding-okun-coefficients>
- González, José A. (2002). *Labor market flexibility in thirteen Latin American countries and the United States: revisiting and expanding Okun coefficients*. Working Paper núm. 136, Center for Research on Economic Development and Policy Reform, Stanford University. <https://siepr.stanford.edu/research/publications/labor-market-flexibility-thirteen-latin-american-countries-and-united-states>
- Gonzalez-Prieto, Nathalie, Loungani, Prakash y Mishra, Saurabh (2018). What lies beneath? A sub-national look at Okun's law in the United States. *Open Economies Review*, 29, 835-852. <https://doi.org/10.1007/s11079-018-9491-2>
- Guisinger, Amy Y., Hernández-Murillo, Rubén, Owyang, Michael T. y Sinclair, Tara M. (2018). A state-level analysis of Okun's law. *Regional Science and Urban Economics*, 68, 239-248. <https://doi.org/10.1016/j.regsci-urbeco.2017.11.005>
- Herwartz, Helmut y Niebuhr, Annekatrin (2011). Growth, unemployment and labour market institutions: evidence from a cross-section of EU regions. *Applied Economics*, 43 (30), 4663-4676. <https://doi.org/10.1080/00036846.2010.493142>
- Huang, Gang, Ho-Chuan, Huang, Xiaojian, Liu y Jiangang, Zhang (2020). Endogeneity in Okun's law. *Applied Economics Letters*, 27 (11), 910-914. <https://doi.org/10.1080/13504851.2019.1646861>
- Ibragimov, Marat e Ibragimov, Rustam (2017). Unemployment and output dynamics in CIS countries: Okun's law revisited. *Applied Economics*, 49 (34), 3453-3479. <https://doi.org/10.1080/00036846.2016.1262519>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) (2013). Censo de población y vivienda 2010. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#Tabulados>
- Inegi. (2022a). *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 15 años y más de edad: Consulta interactiva de indicadores estratégicos (InfoLaboral), a partir de 2005*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/sistemas/Infoenoe/Default_15mas.aspx
- Inegi. (2022b). *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 15 años y más de edad: Glosario*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/glosario/default.html?p=ENOE15>
- Inegi. (2022c). *Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/temas/itae/#Tabulados>
- Inegi. (2022d). *Cuéntame de México: glosario de términos*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://cuentame.inegi.org.mx/glosario/p.aspx?tema=G>
- Islas, Alejandro y Cortez, Willy W. (2011). Revisiting Okun's law for Mexico: an analysis of the permanent and transitory components of unemployment and output. *MPRA Paper*, 30026. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/30026/>
- Islas, Alejandro y Cortez, Willy W. (2013). Relaciones dinámicas del producto y el empleo en México: una evaluación de sus componentes permanentes y transitorios. *Revista de la CEPAL*, 111, 167-182. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/35938>
- Islas, Alejandro y Cortez, Willy W. (2018). ¿Puede el sector informal afectar a la relación entre desempleo y producción? Un análisis del caso de México. *Revista de la CEPAL*, 126, 151-169. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44307/1/RVE126_Islas.pdf
- Karlsson, Sune y Österholm, Pär (2020). A hybrid time-varying parameter Bayesian VAR analysis of Okun's law in the United States. *Economics Letters*, 197, 109622. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2020.109622>
- Kiss, Tamas, Nguyen, Hoang y Österholm, Pär (2022). Modelling Okun's law – Does non-Gaussianity matter?. working paper núm. 1/2022, Örebro University School of Business. <https://www.oru.se/globalassets/oru-sv/institutioner/hh/workingpapers/workingpapers2022/wp-1-2022.pdf>
- Krüger, Jens J. y Neugart, Michael (2021). Dissecting Okun's law beyond time and frequency. *Applied Economics Letters*, 28 (20), 1744-1749. <https://doi.org/10.1080/13504851.2020.1853664>
- Liquitaya, José D. y Lizarazu, Eddy (2004). La ley de Okun en la economía mexicana. *Denarius*, 5, 15-39. <https://denarius.izt.uam.mx/index.php/denarius/article/view/299/244>

- Loría, Eduardo y Ramos, Manuel G. (2007). La ley de Okun: una relectura para México, 1970-2004. *Estudios Económicos*, 22 (1), 19-55. <https://www.jstor.org/stable/40311523>
- Loría, Eduardo y Ramírez, Jorge (2008). Determinantes del crecimiento del producto y del desempleo en México, 1985.1-2008.4. *EconoQuantum*, 5 (1), 79-101. <https://doi.org/10.18381/eq.v5i1.91>
- Loría, Eduardo, Libreros, Catalina y Salas, Emmanuel (2012). La ley de Okun en México: una mirada de género, 2000.2-2011.1. *Investigación Económica*, 71 (280), 121-140. <http://dx.doi.org/10.22201/fe.01851667p.2012.280.37336>
- Loría, Eduardo, Ramírez, Emmanuel A. y Salas, Emmanuel (2015). La Ley de Okun y la flexibilidad laboral en México: un análisis de cointegración, 1997Q3-2014Q1. *Contaduría y Administración*, 60, pp. 631-650. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cya.2015.05.012>
- Loría, Eduardo, Rojas, Susana y Martínez, Eduardo (2021). La ley de Okun en México: un análisis de la heterogeneidad estatal, 2004-2018. *Revista de la CEPAL*, 134, 141-160. <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47288/1/RVE134_Loria.pdf>
- Loría, Eduardo y Salas, Emmanuel (2022). La ley de Okun en México, una relación asimétrica, 2005.01-2021.10. *Investigación Económica*, 81 (321), 156-173. <http://dx.doi.org/10.22201/fe.01851667p.2022.321.82062>
- Maza, Adolfo (2022). Regional differences in Okun's law and explanatory factors: some insights from Europe. *International Regional Science Review*, 45 (5), 555-580. <https://doi.org/10.1177/01600176221082309>
- Melguizo, Celia (2016). An analysis of Okun's law for the Spanish provinces. *Review of Regional Research*, 37 (1), 59-90. <https://doi.org/10.1007/s10037-016-0110-7>
- Milligan, Glenn W. y Cooper, Martha C. (1985). An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set. *Psychometrika*, 50 (2), 159-179. <https://doi.org/10.1007/BF02294245>
- Mojena, Richard (1977). Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. *The Computer Journal*, 20 (4), 359-363. <https://doi.org/10.1093/comjnl/20.4.359>
- Negrete, Rodrigo (2011). El indicador de la polémica recurrente: la tasa de desocupación y el mercado laboral en México. *Realidad, Datos y Espacio: Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 2 (1), 145-168. https://rde.inegi.org.mx/rde_02/doctos/rde_02_art9.pdf
- Okun, Arthur M. (1962). Potential GNP: its measurement and significance. *Proceedings of the Business and Economic Statistics Section*, 98-104. Reimpreso como *Cowles Foundation Paper 190*. <https://milesorak.files.wordpress.com/2016/01/okun-potential-gnp-its-measurement-and-significance-p0190.pdf>

- Okun, Arthur M. (1974). Unemployment and output in 1974. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, 495-504. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/1974/06/1974b_bpea_okun.pdf
- Palley, Thomas I. (1993). Okun's Law and the asymmetric and changing cyclical behaviour of the USA economy. *International Review of Applied Economics*, 7, 144-162. <https://doi.org/10.1080/758530144>
- Perry, George L. (1971). Labor force structure, potential output, and productivity. *Brookings Papers on Economic Activity*, 3, 533-578. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/1971/12/1971c_bpea_perry_denison_solow.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2016). *Informe sobre desarrollo humano México 2016: desigualdad y movilidad*. PNUD. <https://www.undp.org/es/mexico/publications/informe-nacional-sobre-desarrollo-humano-m%C3%A9xico-2016>
- Rodríguez, Patricia y Peredo, Felipe J. (2007). Estimación de la Ley de Okun para la economía mexicana. *Análisis Económico*, 22 (51), 59-79. <https://www.redalyc.org/pdf/413/41311486004.pdf>
- Rojas, Susana M. (2019). Estimación de la ley de Okun para la economía mexicana desde un enfoque panel, 2005-2016. *El Semestre de las Especializaciones*, 1 (1), 69-93. https://www.depfe.unam.mx/especializaciones/revista/1-1-2019/03_EA_Rojas-Manzo_2019.pdf
- Ros, Jaime (2013). *Algunas tesis equivocadas sobre el estancamiento económico de México*, El Colegio de México / UNAM, México.

INNOVACIÓN Y EMPLEO

EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA
DE LAS REGIONES DE MÉXICO

YOLANDA CARBAJAL SUÁREZ
LEOBARDO DE JESÚS ALMONTE
VÍCTOR HUGO TORRES PRECIADO
(Coords.)

Mc
Graw
Hill



Coordinadores:

**YOLANDA CARBAJAL SUÁREZ
LEOBARDO DE JESÚS ALMONTE
VÍCTOR HUGO TORRES PRECIADO**

El principal acierto del libro es que analiza aspectos clave del crecimiento económico vinculado con la dinámica de la innovación y el empleo a nivel regional. Se puede decir que el libro es una excelente investigación de economía regional aplicada.

Humberto García Jiménez

*Doctor en Ciencia Social
El Colegio de la Frontera Norte*

When government wastes benefits from a project: The case of Line 3 of Light Rail in Guadalajara, Mexico

RUBÉN CHAVARÍN RODRÍGUEZ*

ABSTRACT

This paper shows and analyzes the deterioration of net social benefits from Line 3 of the Light Rail in Guadalajara, Mexico, which took place even before Line 3 began its operational life. According to this ex-post evaluation, this light rail project has performed worse than the average international figures reported by several authors concerning the two most critical issues related to this kind of project: cost overruns and overestimated demand. Scenarios analyzed in this work show that failures in managing and executing Line 3 resulted, at least, in a loss of 431 million dollars in net social benefits (in present value), but if we compare the ex-post results to ex-ante studies, this loss can escalate to almost 1 billion dollars. These figures expose wasteful use of scarce social resources. In essence, there is a shortage of ex-post evaluations on major transportation projects in countries like Mexico. The analysis produced here represents a step towards improving the execution of this type of project in developing countries, particularly in Latin America.

Keywords: cost-benefit analysis, ex-post evaluation, transport projects, institutional analysis, Latin America.

JEL Classification: D61, H54, L92, O54, R42

RESUMEN

Cuando el gobierno despilfarra los beneficios de un proyecto: El caso de la Línea 3 del Tren Ligero de Guadalajara, México

Este artículo muestra y analiza el deterioro de los beneficios sociales netos de la Línea 3 del Tren Ligero de Guadalajara, México incluso antes de que comenzara a operar. De acuerdo a esta evaluación *ex-post*,

* Departamento de Estudios Regionales, CUCEA-Universidad de Guadalajara, México. Correo electrónico: ruben.chavarin@cucea.udg.mx. ORCID: 0000-0002-5109-4831.

este proyecto de tren ligero ha tenido un peor desempeño que las cifras internacionales reportadas por varios autores respecto a los dos factores más críticos relacionados con este tipo de proyectos: sobrecostos y sobreestimación de la demanda. Los escenarios analizados en este trabajo muestran que las fallas en la gestión y ejecución de la Línea 3 resultaron en, al menos, una pérdida de 431 millones de dólares en beneficios sociales netos (en valor presente), pero si comparamos los resultados *ex-post* con los estudios *ex-ante*, esta pérdida puede escalar a casi mil millones de dólares. Estas cifras exponen un dispendio de recursos sociales escasos. En esencia, hay una carencia de evaluaciones *ex-post* sobre grandes proyectos de transporte en países como México. El presente análisis representa un paso hacia la mejora de este tipo de proyectos en países en desarrollo, particularmente en América Latina.

Palabras clave: análisis costo-beneficio, evaluación ex-post, proyectos de transporte, análisis institucional, América Latina.

Clasificación JEL: D61, H54, L92, O54, R42

INTRODUCTION

Choosing the best quality projects, which offer the best value for society and impact economic growth, should be the fundamental objective of every public investment program (European Commission, 2014). In low- and middle-income countries, where resources are scarce, and needs are significant, a cost-benefit analysis (CBA) represents an essential tool for efficiency in the use of public funds (Robinson *et al.*, 2019) because it allows valuing the project's flows of benefits and costs along a time horizon, signaling if the project is profitable for society. The question is what happens when the CBA initially reveals that the project will produce positive net benefits to society, however, even before it begins to run, those benefits have already vanished?

This question reveals that a promising CBA is a necessary, but insufficient condition for a successful public investment. As we know, investment projects have a life cycle and CBA is just a part of the first stage (project identification and preparation). Ineffective political decisions may affect investments negatively during the subsequent stages: a) the project implementation, and b) the project's operational life. This paper focuses on the project implementation stage because managers usually

fail to control inputs and capital investments costs (Isham and Kaufmann, 1999), eroding the project's profitability, as is the case analyzed here.

Although unanticipated cost risings are not uncommon in significant infrastructure and transport projects (Independent Evaluation Group, 2012), there is also a complementary problem in certain CBAs, where costs are systematically underestimated (Skamris-Holm and Flyvbjerg, 1997; Flyvbjerg *et al.*, 2003a; Flyvbjerg *et al.*, 2003b., De Rus-Mendoza *et al.*, 2006; Van Wee, 2007; Flyvbjerg, 2009; Nicolaisen and Driscoll, 2014; Hickman and Dean, 2018), generating significant costs overruns during the construction phase. Unfortunately, these cost overruns are more frequent in developing countries due to weak governance institutions.

When the project arrives at its implementation phase, cost overruns are mainly due to failures in management and execution capacities. These failures result from a lack of strategic planning, monitoring, coordination, training, or commitment to the project (Ika *et al.*, 2012; Lagarda *et al.*, 2018). All these failures seem to be present in the case of Line 3 of Light Rail of Guadalajara (from now on called 'Line 3'), whose nominal cost was duplicated (in domestic currency) and began to operate almost four years after the planned date of completion.

Reviewing the literature on light rail cases, it would be a mistake to dismiss the case of Line 3, considering that cost overruns are commonplace worldwide. Andric *et al.* (2019) analyzed 102 major infrastructure projects in Asia, finding that, in fact, there are cost overruns (mean = 26.2%) in a variety of projects, but they also found several cases of cost underrun (mean = 12.2%). The latter illustrates that projects can indeed aspire towards waste-minimization strategies, especially when one considers high opportunity costs in developing countries.

On the other hand, another issue to analyze in light rail projects is the lack of demand when projects operate. In many projects, the rider-ship analysis shows light rail to achieve considerably fewer passengers than forecast and thus lower benefits (Flyvbjerg *et al.*, 2006; Flyvbjerg, 2007a and 2007b; Winston and Maheshri, 2007; Carpinteiro and Petersen, 2014; and van der Bijl *et al.*, 2018).

The general objective of this work is to show, through several scenarios, how applying simple modifications to the official CBA incorporating actual ex-post costs and benefits, we discover a significant deterioration in the project's net social benefits, even before Line 3 began its operational life. This paper contributes to studying efficiency

in public investment in developing countries, where there is a lack of evidence. Particularly, there is very limited ex-post monitoring of transport projects and, consequently, there is too little learning from experience on the application of CBAs (Hickman and Dean, 2018). This paper is, to the best of our knowledge, the first ex-post analysis for a major transport project in Mexico and other Latin American countries. Documenting and analyzing the failures in developing this kind of project will supply insights for better public investment decision-making in developing countries. For example, Aguiar *et al.* (2017) point out for the case of Brazil, the biggest economy in Latin America, that “it is not clear for Brazilian society which development projects had positive performances and which were considered feasible or infeasible.” This statement seems to apply to most Latin American countries, except Chile, where a National Investment System privileges CBA use.

According to this ex-post evaluation, this light rail project has performed worse than the average international figures reported by several authors concerning the two most critical issues related to this kind of project: cost overruns and overestimated demand. Scenarios analyzed in this work show that failures in managing and executing Line 3 resulted in, at least, a loss of 431 million dollars in net social benefits (in present value), but if we compare the ex-post results to ex-ante studies, this difference can escalate to more than 1 billion dollars. This loss means wasting scarce social resources that could have been better used to solve other needs.

Section 1 reviews the literature on ex-post evaluations in urban rails, including failure to forecast ridership and costs. Section 2 describes the characteristics of the project. Section 3 briefly explains the approach of CBA. Section 4 explains the methodology for the ex-post analysis. Section 5 reviews several versions of the official CBA, indicating its chronology and main results. Section 6 explains the scenarios constructed for ex-post analysis, including its results. Finally, section 7 discusses the results and conclusions.

1. LITERATURE REVIEW

To know if an infrastructure project is successful, it is not enough that its construction phase is finished and the project has begun to operate; also, it would be desirable to elaborate an ex-post cost-benefit analysis.

The broader objective of the ex-post evaluation is to learn from the experience, i.e., the re-examination of the case studies focused on elaborating those recommendations that may increase the capability of the projects to achieve their identified goals (Maffii and Parolin, 2012) and, ultimately, avoid Pareto-inefficient allocation of resources. Some progress has been achieved following this path; for example, The EVA-TREN research project, supported by the European Commission, was purposely targeted at improving the ex-ante appraisal practices for assessing large transport infrastructure projects through the ex-post analysis of several case studies.¹ The ex-post evaluations should also have a central role in improving the process of infrastructure planning (Short and Kopp, 2005; EVA-TREN, 2008; Grimaldi *et al.*, 2014; Meunier and Welde, 2017).

Several light rail cases show favorable ex-post evaluations, e.g., the urban rails from San Francisco and Chicago in the U.S. (Winston and Maheshri, 2007), and the new Bergamo tram in Italy (Grimaldi *et al.*, 2014). However, there are also many cases where investments in urban rail do not produce desirable effects on social welfare. That is the case of over 20 systems in U.S. cities where the share of urban travelers is declining (Winston and Maheshri, 2007). When reviewing the cumulated literature about light rails (and other trains) it seems evident that a key factor to project success is the obtention of a satisfactory level of demand to reduce the average total costs. It is worth emphasizing that a sufficient level of demand generates enough social benefits to compensate social costs of the project. In particular, as shown by Winston and Maheshri (2007), the lack of demand has been the main problem in most urban rail projects in the U.S., where urbanization and employment patterns have reduced ridership. This problem is especially true in New York, Washington, Boston, Atlanta, Philadelphia, and Los Angeles.

According to the analysis of 44 urban rail projects in several countries elaborated by Flyvbjerg *et al.* (2006) and Flyvbjerg (2007a and 2007b), the analysis of ridership shows urban rail to achieve considerably fewer passengers than forecast and thus lower revenues: actual traffic is on average 51% lower than forecast traffic, and 75% of these projects have actual traffic that is at least 25% lower than forecast traffic. Moreover,

¹ The EVA-TREN project analyzed 11 European case studies, providing recommendations for improving the ex-ante and ex-post evaluation methodology of large infrastructure projects in the transport sector.

25% of projects have actual traffic at least 68% lower than forecasted. In some extreme cases, demand underestimation has ultimately led to suspend a project after it was already operating. For example, in Spain, a new tramway opened in Vélez-Málaga in 2006 but was shut down six years later. The tram project in Jaén operated for only two weeks in 2011. In both cases, demand turned out to be significantly lower than anticipated (van der Bijl *et al.*, 2018). Carpinteiro and Petersen (2014) also documented the lack of demand in several Spaniard light rail projects, observing only 50% of the forecasted demand.

The other relevant problem from light rail projects is cost overruns. Flyvbjerg *et al.* (2003a), Flyvbjerg *et al.* (2003b), and Flyvbjerg (2007b) analyzed 44 urban rail projects (18 located in North America, 13 in Europe, and 13 in developing nations), compared to 214 other transportation infrastructure projects. Urban rail has the largest cost escalation with an average of 44.7% in constant prices (standard deviation = 38.4), followed by bridges and tunnels with 33.8%, and finally roads with 20.4%. For urban rail, 75% of projects have at least 33% cost escalations. Among urban rail projects, 25% have at least 60% cost escalations. These studies did not find any statistical difference in cost overruns between urban, high-speed, and ordinary rail. Recently, Andric *et al.* (2019), studying 102 major infrastructure projects from Asia, confirmed that rail projects are most likely to overrun budget (mean = 26.2%). Lee (2008) and Huo *et al.* (2018) obtained a similar conclusion for South Korea (where all rail projects had a maximum cost overrun of 50%) and Hong Kong (average cost overrun for rail = 34.8%), respectively. Flyvbjerg *et al.* (2003b) and Bhargava *et al.* (2010) found that cost escalation is strongly dependent on the length of the implementation phase. Cantarelli *et al.* (2012) concluded that the size of cost overruns varies with location. For urban rail projects, Dutch projects performed considerably better, with projects having significantly lower cost overruns in real terms (11%) compared to projects in other northwest European countries (36%) and other geographical areas (40%). Meunier and Welde (2017) found that 75% of Norwegian road and rail projects have had final costs lower than the approved budget (average cost underrun = 7%).

Overall, the ridership overestimation and the cost overruns reveal a lack of reliable knowledge of risks. Although many urban rail projects fail to control and manage those risks, evaluating the social resources lost during the process through ex-post analysis is not common

practice. Ex-post analysis documents a need for implementing institutional checks and balances that would change the current practices of cost underestimation and revenue overestimation to ones where empirically-based risk assessment and management are effectively used in all phases of the project development process (Flyvbjerg, 2007b).

2. CHARACTERISTICS OF THE PROJECT

The Project is located in the West part of Mexico in the Metropolitan Area of Guadalajara (MAG), the second most populated city in this country (about 5.2 million people in 2020), and now constituted by nine municipalities. The municipality of Guadalajara, inside MAG, is the capital of the state of Jalisco. The mobility of the inhabitants of this metropolitan area is mostly secured by private owned vehicles (2.4 million vehicles in 2018) and more than 5 thousand buses. It is worth noting that for the most part the organization and administration of these buses are not publicly centralized, like those in large cities in Europe for instance, but rather the bus lines are subcontracted and the vehicles owned by private entities, often competing against each other for the extra passenger, in accordance to government regulations with regards to a broad framework of fares and other specifics with poor oversight for efficiency and safety. The service provided is thus very deficient because there are no regular schedules, information about routes is not well established, nor disseminated to the public; the buses are often overcrowded and drivers overlook established stops. In short, according to SENERMEX (2019, p. 67), there are 93 bus routes with already high use along the tracks of the Line 3 project. It is worth noting that among the chaotic bus system there are just three efficient and ordered means of mass transport, Lines 1 and 2 of Light Rail and one Bus Rapid Transit (BRT) line. Due to the population growth and the lack of efficient passenger transport systems, MAG faces soaring traffic jams and increasing travel times. According to the project's official CBA (SENERMEX, 2019, p. 60), in 2018, the average speed of public transport was about 10 miles/hour, and the generalized costs of travel (GCT)² along the project route had a yearly value of 760 million dollars. There is a projection about the growth of GCT of 3.4% per year

² Generalized costs of travel are a combination of costs of time and vehicle usage (mainly fuel).

in 2018-2026 (considering the project's absence) (SENERMEX, 2019, p. 115-116). As we know, these problems produce externalities, mainly pollution (MAG air is currently 4.5 times above the WHO annual air quality guideline value).³ It is within this context that the federal bureau specialized in infrastructure construction (*la Secretaría de Comunicaciones y Transporte – SCT*) received Jalisco's government proposal for the execution of Line 3.

Line 3 is 20.74 kilometers (12.88 miles) long (74.2% on an elevated viaduct, 14.9% underground, and 10.8% on the surface). It crosses the three most populated municipalities of the MAG, from Zapopan, in the North-West, to Tlaquepaque, in the South-East, crossing through downtown (Guadalajara) (see figure 1). Line 3 features 18 stations: 13 elevated and 5 underground; and, according to the official CBA, it would transport 227 thousand passengers per day (SENERMEX, 2019, p. 207). There were four different versions of the official CBA. The first one was presented in 2013, stating that the construction would begin during that year and become operational in 2017. Eventually, the project's construction began in August 2014, and the project began to operate during September 2020; consequently, the project implementation lasted more than six years!

FIGURE 1
LOCATION OF LINE 3 IN THE METROPOLITAN AREA OF GUADALAJARA



³ <https://www.iqair.com/mexico/jalisco/guadalajara>

Objectives of the project. According to the official CBA (SENERMEX, 2019, p. 41), "...is to increase society's welfare, through the implementation of a massive transport system in the form of a light rail... This social improvement will be reached by diminishing present and future travel times and vehicle operating costs from public and private transport systems. Additionally, the train procures security on travels and generates less pollution than present modes of transport."

Main costs of the project. Studies, investment in infrastructure (liberation of ways, construction of the track, train control platform, high-voltage and traction substations, tunnels and stations), trains, costs for discomfort during construction, and operation and maintenance costs.

Main benefits of the project. Diminishing GCT, liberation of resources, and end-of-useful-life salvage values.

3. THE APPROACH OF COST-BENEFIT ANALYSIS

CBA implies valuing the project's flows of benefits and costs along a planning horizon, recognizing that social benefits and costs do not always coincide with private pecuniary benefits and costs (Harberger, 1976). Another concern of CBA is to appraise those benefits and costs for which there is no market value (Layard, 1972). For example, in the case of Line 3, as pointed at the end of the section 2, there were identified costs of travel and costs for discomfort. Both refer to goods (time and comfort) for which there is no explicit market.

Profitability measures are calculated when benefits and costs have been identified and valued along a time horizon. These measures determine, with a certain degree of confidence, if an investment project will supply positive net benefits to society, and if that project is more convenient than other alternatives. This approach is used in many countries, including the European Union and the United States, to identify those investment projects with the most outstanding social profitability.

An investment project's main profitability measures are the net present value (NPV) and the internal rate of return (IRR). We may define NPV as follows:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(NB)_t}{(1+r)^t}$$

where:

$(NB)_t$ net benefits (total benefits minus total costs) during a single period t

r social discount rate

t number of time periods

A project that presents an $NPV > 0$ shows positive social profitability; otherwise, the project does not increase society's welfare.

On the other hand, IRR is calculated such that the NPV of investment yields benefits equal to zero. Thus, if $IRR > r$, the project is profitable; otherwise, the project will not be convenient. It is important to note that the official social discount rate is 10 percent in Mexico. Thus, any IRR lower than 10 means the project is not profitable.

4. METHODOLOGY

The ex-post evaluation is based on the ex-ante evaluation, as suggested by Morín and Alvarado (2017), in which the project's engineering studies purportedly support cost estimates. This work takes data from official CBA and incorporates actual ex-post costs and benefits, introducing updated figures based on specific public facts and information. We followed four main steps:

- i. Replicating the ex-ante evaluations. There were four official CBA. Once those documents were obtained and comprehensively analyzed, we replicated the profitability results for each one, focusing particularly on NPV and IRR.
- ii. Making a detailed search of possible factors that affected the project's costs and benefits. According to Morín and Alvarado (2017, p. 4), the ex-post evaluations are intended to "identify those factors that influenced in a positive or negative way in compliance with the objectives set for the project during the pre-investment stage, ..." These possible changes were based on the review of official information regarding the project's final costs, other complementary costs reported by the local press, reports about the project's ridership (one year after it began operations), and changes based on the delays of the project not considered by the last official CBA.
- iii. Formulating scenarios applying changes based on factors found during step ii, upon the most recent official evaluation cash flow. This process allows bestowing more realism to the evaluation

results. We obtained the NPV and the NPV/investment cost ratio for each scenario.

- iv. Once step iii results are obtained, establish comparisons against the ex-ante results.
- v. The results obtained in steps i to iii will allow a global evaluation of the project, in terms of what Morín and Alvarado (2017, p. 16-18) call “efficiency analysis” and “efficacy analysis”. The former focuses on the degree to which the activities were executed in accordance with the established costs and deadlines and if the components were obtained in accordance with their initial conceptualization. The latter seeks to analyze whether the project reached or is in the process of achieving the socioeconomic profitability that was raised in the ex-ante evaluation.

5. CBAS OF THE PROJECT

In the case of Mexico, the Department of the Treasury (*la Secretaría de Hacienda y Crédito Público* – SHCP) requests a CBA for any public investment project requiring federal funding for its planning and execution. When the project has been registered in the SHCP project portfolio, a CBA document is valid for three years. However, if the project goes longer than this period, the CBA must be updated. Another reason for updating the study is to allow investment costs to grow more than 10%. Due to these reasons, during the six years of the Line 3 implementation, four official CBAs were presented.

CBA studies presented to the SHCP must follow certain guidelines. In the case of massive transport systems, Vázquez and Morín (2018) propose a methodological guide, which establishes the studies of traffic and transport engineering that must be carried out, especially with the intention of calculating the GCT of the project. In addition, the components of the document are explained, such as the analysis of the current situation, the analysis of the situation without the project, the analysis of the situation with the project, and the socioeconomic evaluation. It is worth mentioning that the ex-ante evaluations of Line 3 do comply with the structure and components established by the indicated guide.

Table 1 shows some profitability indicators from the four Line 3 CBAs (SENERMEX, 2013, 2017, 2018, 2019). Investment figures

and NPV are shown in dollars and Mexican pesos, taking into consideration the monthly average exchange rate at the approximate time when each CBA document was introduced to the SHCP project portfolio. It is relevant to point out that according to the four CBA documents, the project's nominal initial investment increased 76% in domestic currency. Nevertheless, that investment increase, measured in dollars, was about 20%. These contrasting figures reveal that the exchange rate depreciation can explain some less than two-thirds of the total investment increase considered by CBA documents. We have three comments related to this issue: i) This type of project has a substantial share of imported supplies in a country like Mexico, especially the part related to rolling stock and the equipment to drill tunnels. However, the construction supplies are mainly domestic; we cannot establish a straightforward relationship between investment costs and exchange rate. ii) If the government had been executed the project according to the original schedule, it would not have been so exposed to the exchange rate fluctuations. For example, in July 2013, the average exchange rate was 12.96 Mexican pesos per dollar. This rate was lower to 16 pesos per dollar until mid-2015. In contrast, in 2019, the average exchange rate was over 19 pesos per dollar. iii) Cost raising in domestic currency was not (mostly) a consequence of inflation. The cumulative inflation rate in construction materials was about 26% during the implementation stage.⁴ Cost increase in constant prices (considering 2019 = 100) was about 60.5%. This cost increase in domestic currency is clearly greater than the average international cost overrun from urban rails (45%) reported by Flyvbjerg *et al.* (2003a), Flyvbjerg *et al.* (2003b), and Flyvbjerg (2007b). According to these studies, Line 3 is located in the highest quartile of cost overruns. Line 3 cost overrun is also notably greater than the average cost overrun from rail projects in Asia (26%) reported by Andric *et al.* (2019).

⁴ Calculated from July 2014 to July 2019, using the price index for construction materials in the Metropolitan Area of Guadalajara.

TABLE 1
PROFITABILITY INDICATORS FROM LINE 3 CBAS

Indicator	CBA 1 (2013)	CBA 2 (2017)	CBA 3 (2018)	CBA 4 (2019)
Total investment costs (million Mexican pesos)/ (million dollars)	17,692 / 1,365	24,217 / 1,360	29,093 / 1,582	31,143 / 1,618
NPV (million Mexican pesos)/ (million dollars)	7,217 / 557	3,899 / 219	3,145 / 171	1,768/ 92
IRR (percentage)	17.59	11.68	11.66	10.68
NPV/Investment costs (percentage)	40.79	16.10	10.81	5.68
Scheduled date to begin operations	January 2017	July 2018	January 2020	January 2020

Notes: (1) Official CBA documents do not show a precise elaboration date. They show an elaboration year, but it can be wrong. For example, on the cover of the last version (presented in 2019), it says “June 2018”, the same as the previous version. (2) Average exchange rates correspond to the following dates: BCA 1 (October 2013), BCA 2 (August 2017), BCA 3 (April 2018), and BCA 4 (March 2019). (3) The official social discount rate is 10 percent in Mexico.

The first CBA was presented in 2013 and determined an NPV of 557 million dollars, representing 40% of the nominal investment.⁵ The second CBA was presented in 2017 and calculated an NPV of 219 million dollars, meaning 16% of the nominal investment. The third one was presented in 2018 and determined an NPV of 155 million dollars, representing 10% of the nominal investment. The last CBA was presented in 2019 and calculated an NPV of just 92 million dollars, less than 6% of the nominal investment. The last figure is the most revealing indicator of the project delays and cost overruns impacts. We remark that all these figures come from official CBAs, with no modification and without questioning its methodology or procedures.

6. EX-POST SCENARIOS

As mentioned in section 3, this work aims to take figures from official CBA and incorporate actual ex-post costs and benefits. For this, we defined six scenarios that take into account the same cash flow stated in

⁵ SENERMEX, a Mexican subsidiary of SENER, elaborated all CBAs. SENER is a Spanish firm specialized in infrastructure and energy. The last CBA can be downloaded from SHCP project portfolio (https://www.secciones.hacienda.gob.mx/work/models/sci/cartera_publica/#!/consulta/generales), portfolio key: 13093110005.

the last CBA (see Table 2). Then, we introduced some changes based on specific public facts and information. The following scenarios were established (see Table 3):

TABLE 2
BENEFITS AND COSTS FROM OFFICIAL CBA (2019)
(MILLION DOLLARS)

<i>Year-Time horizon</i>	<i>Year</i>	<i>Total Costs (including investments)</i>	<i>Total Benefits</i>	<i>Net Benefits</i>
0	2014	- 69,194,576.17		- 69,194,576.17
1	2015	- 167,680,781.66		- 167,680,781.66
2	2016	- 336,183,042.24		- 336,183,042.24
3	2017	- 408,376,677.92		- 408,376,677.92
4	2018	- 393,067,549.05		- 393,067,549.05
5	2019	- 215,191,832.15		- 215,191,832.15
6	2020	- 36,833,129.49	217,054,709.96	180,221,580.47
7	2021	- 32,237,716.69	210,908,828.06	178,671,111.36
8	2022	- 37,356,944.23	218,867,948.67	181,511,004.45
9	2023	- 32,774,951.26	227,205,157.56	194,430,206.31
10	2024	- 37,907,968.55	235,939,607.55	198,031,639.00
11	2025	- 33,340,145.48	245,091,419.55	211,751,274.07
12	2026	- 38,487,723.28	254,681,732.15	216,194,008.86
13	2027	- 38,807,371.96	264,879,400.94	226,072,028.98
14	2028	- 37,171,506.66	272,505,192.92	235,333,686.26
15	2029	- 34,496,015.50	280,517,359.63	246,021,344.13
16	2030	- 28,308,304.95	288,776,550.96	260,468,246.01
17	2031	- 35,015,684.10	297,290,281.85	262,274,597.74
18	2032	- 40,137,371.64	306,066,292.57	265,928,920.93
19	2033	- 92,713,890.63	315,112,555.50	222,398,664.88
20	2034	- 40,688,978.27	324,437,281.95	283,748,303.68
21	2035	- 36,119,132.10	334,048,929.26	297,929,797.15
22	2036	- 41,263,042.53	343,956,208.11	302,693,165.57
23	2037	- 46,449,809.84	354,349,652.26	307,899,842.41
24	2038	- 39,899,321.11	359,083,876.83	319,184,555.72
25	2039	- 42,286,716.93	364,070,341.15	321,783,624.21
26	2040	- 42,724,188.54	369,128,444.02	326,404,255.48
27	2041	- 43,173,287.36	374,259,157.17	331,085,869.81
28	2042	- 43,634,350.97	379,672,957.75	336,038,606.79
29	2043	- 39,025,722.21	817,166,664.09	778,140,941.87

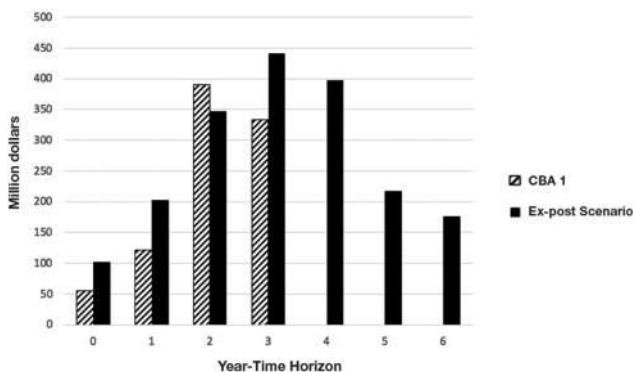
Source: SENERMEX (2019: 214).

1) *Updating of investment costs.* According to the last official CBA, when concluding the project's implementation (supposedly at the end of 2019), Line 3's total investment costs would be 31,143 Mexican million pesos, i.e., 1,618 million dollars considering the average exchange rate in March 2019. However, Line 3 was ultimately concluded during

mid-2020 (it started operations on September 12th, 2020). When finishing the construction, the federal government reported a total investment cost of 35,054 Mexican million pesos.⁶ The difference between both figures was about 207 million dollars. In order to measure the impact of cost overrun on project profitability, we added these additional costs to the cash flow in 2020.⁷ Furthermore, we subtracted the proportional part of unspent operation costs during 2020. The NPV decreased to just 13.7 million dollars, with an IRR of 10.09%. NPV/nominal investment ratio was less than 1% (0.75%).

If we add these extra 207 million dollars to the 1,618 million dollars accounted for in March 2019, we have a revised total investment cost of 1,825 million. This final figure means that cost overrun, measured in dollars, compared to those costs from the original CBA, was about 35%. Figure 2 shows investment costs from the first CBA and this ex-post scenario.

FIGURE 2
TOTAL INVESTMENT COSTS FROM FIRST CBA (2013) AND EX-POST SCENARIO 1



Source: Own calculations based on SENERMEX (2013) and (2019), and the Funding Calendar of the project.
Notes: (1) Each yearly figure was converted from Mexican pesos to dollars using the average exchange rate corresponding to July. (2) VAT (16% in Mexico) was subtracted from nominal quantities.

⁶ According to the Funding Calendar of the project: https://www.secciones.hacienda.gob.mx/work/models/sci/cartera_publica/#/consulta/calendario, portfolio key: 13093110005.

⁷ It is worth mentioning that we conservatively added costs due to two reasons: a) Even when in the official information it is not possible to know the amount of value-added tax (VAT) paid by the project, in our scenario, we subtracted all possible VAT (16% in Mexico), remaining just 178.9 million dollars. That was the figure added to the cash flow. b) At the official Funding Calendar, almost three-fourths of the additional costs were redistributed along previous years to 2020. Nevertheless, as the final figures are not comparable to cash flow numbers, we put all additional costs in 2020, implying more discount for those costs.

2) *Reduction of benefits in 2020.* In addition to those changes included in scenario 1, we considered that the last CBA scheduled the beginning of operations for Line 3 in January 2020. As we already mentioned, Line 3 started to operate during September 2020; thus, the project lost 70.8% of its benefits in that year. We subtracted those benefits without modifying any other variable. As a result, the NPV turned negative in almost 22 million dollars ($IRR = 9.84\%$). NPV/investment cost ratio was reduced to -1.2%. This finding means that just updating benefits (in 2020) and investment costs, the Line 3 project is no longer profitable.

3) *Repairing costs for alternative roads and costs for pedestrian adaptations.* Additional to those changes included in scenarios 1 and 2, this scenario includes costs for road repairs used as alternative routes during the construction period. Repairing costs were 19.5 million dollars, and the local government applied them at the end of 2019. In this scenario, we also included pedestrian adaptations' costs to facilitate access to some Line 3 stations. These adaptations were made involving 10.6 million dollars. As a result, the NPV was reduced to -37.5 million dollars ($IRR = 9.73\%$). NPV/investment cost ratio was reduced to -2.0%.

4) *Exclusion of costs and benefits from another project.* In addition to the changes included in scenarios 1 to 3, this scenario excludes costs and benefits from an underpass for vehicles built at one point in the Line 3 route.⁸ It is relevant to point out that the underpass was not necessary for the passing of Line 3's track (at this point, Line 3 runs on an elevated viaduct), but to mitigate traffic car in a conflictive cross point. The official CBA added costs and benefits from this underpass because it was built using the Line 3 budget, but this procedure is incorrect, considering they are different projects. Let us remember the principle known as "separability of projects," which states that if we have costs and benefits from two (or more) independent projects, we must evaluate each project independently, not together. As a result, the NPV was reduced to -139 million dollars ($IRR = 9.00\%$). NPV/investment cost ratio was reduced to -7.6%.

5) *Additional annoyance costs.* In addition to the changes in scenarios 1 to 4, we included additional annoyance costs during the

⁸ The underpass was built in the Northwest part of the MAG, in Zapopan county, along Juan Pablo II avenue.

project's construction. According to the official CBA (SENERMEX, 2019, p. 52): "[annoyance] costs are due to a minimal affectation because construction procedures have followed night work strategies or have been developed during low demand hours..." As these costs were considered "minimal," project evaluators assigned them just a value equivalent to 1.5% of vehicles' total travel costs during the four hours of maximum traffic on weekdays. Indeed, those costs were not negligible. The city lived in continuous traffic chaos for almost five years, and some areas suffered recurrent flooding during rainy seasons due to Line 3 construction works, although these latter costs are very complicated to estimate, and we only mention them. The actual annoyance costs were multiplied several times, but it is impossible to know its total amount; we supposed, conservatively, that annoyance costs doubled (i.e., 3% of the considered travel costs) those estimated in the official CBA. We obtained an NPV of -197 million dollars (IRR = 8.62%). NPV/investment cost ratio was reduced to -10.8%.

6) *Reduction of benefits due to overestimation of demand.* In addition to those changes included in scenarios 1 to 5, we included reductions in benefits due to lower-than-forecasted demand in ex-ante evaluations. According to CBAs, Line 3 would have an average daily demand of about 227 thousand passengers. After one year of operations, the operative enterprise reported a daily average ridership figure of just 67.8 thousand, i.e., 29% of forecasted demand (Carapia, 2021). After almost two years of operations, the effective demand had grown up to 50% of the original forecasts (Rodríguez, 2022). This scenery was included at the end because Line 3 began to operate in 2020 and, during the first months, the Covid-19 pandemic had probably contributed to reducing demand. However, at the end of 2021, the director of the operative enterprise pointed out that the forecasted goal will be reached "probably between the next 5 and 10 years" (Carapia, 2021); implicitly accepting that original demand was overestimated. In this scenery we tried two situations: a) that the original goal can be reached in 5 years (30% in 2020-2021, 50% in 2022, 60% in 2023, 75% in 2024, 90% in 2025, and 100% from 2026); b) that the goal can be reached in 7 years (30% in 2020-2021, considering a 10% annual increase, and 100% from 2028). We obtained an NPV of -431 million dollars (IRR = 7.16%) in the former. In the latter, the NPV was reduced to -500 million dollars (IRR = 6.72%), and the NPV/investment cost ratio was reduced

to minus 27.45%. Of course, it could also happen that the forecasted demand will never be fulfilled, reducing the project's ex-post profitability ever more.

In Table 4, results from scenario 6 are compared to those established by CBAs. Comparing the former results to those from the first CBA, there is a loss in social profitability of almost 1 billion dollars, and IRR was reduced to almost one-third. According to Isham and Kaufmann (1999), significant differences in projects' rates of returns from three-to-seven percentage points, if economy-wide, can add up to a very significant difference in the aggregate growth rate of the country; Line 3 project suffered a loss of over 10 percentage points in IRR. Moreover, the first CBA stated that the profitability of Line 3 would be over 40% of investment costs. Ex-post scenario 6 indicated that the Line 3 project profitability was minus 27% compared to investment costs.

TABLE 3
CHARACTERISTICS OF EX-POST SCENARIOS AND THEIR PROFITABILITY INDICATORS

<i>Concept</i>	<i>Scenario 1</i>	<i>Scenario 2</i>	<i>Scenario 3</i>	<i>Scenario 4</i>	<i>Scenario 5</i>	<i>Scenario 6</i>
Modification applied to the official CBA	Increase in investment costs	Scenario 1 + Reduction in benefits	Scenario 2 + Repairing costs for alternative roads, and Costs for pedestrian adaptations	Scenario 3 + Exclusion of costs and benefits from another project	Scenario 4 + Additional annoyance costs	Scenario 5 + Reduction in benefits due to low demand
Year when modifications were applied	2020	2020	2019 2020	2017 (costs) 2020-2043 (net benefits)	2014-2019	2020-2027
Quantity of money applied (million dollars)	207.0	- 63.4	19.5 + 10.6	6.5 (costs) - 18.0 (net benefits)	11.0	from 94 (2020) to 24 (2027)
NPV (million dollars)	13.7	- 21.9	- 37.5	- 139.2	- 197.7	- 431.0
IRR (percentage)	10.09	9.84	9.73	9.00	8.62	7.16
NPV/ Investment costs (percentage)	0.75	- 1.2	- 2.0	- 7.6	- 10.8	- 23.68

Note: The official social discount rate is 10 percent in Mexico.

TABLE 4
PROFITABILITY INDICATORS FROM OFFICIAL CBAS AND EX-POST SCENARIO 6

<i>Indicador</i>	<i>CBA 1 (2013)</i>	<i>CBA 2 (2017)</i>	<i>CBA 3 (2018)</i>	<i>CBA 4 (2019)</i>	<i>Ex-post Scenario 6</i>
Total investment costs (<i>million Mexican pesos</i>)/(<i>million dollars</i>)	17,692 / 1,365	24,217 / 1,360	29,093 / 1,582	31,143 / 1,618	35,055 / 1,825
NPV (<i>million Mexican pesos</i>)/(<i>million dollars</i>)	7,217 / 557	3,899 / 219	3,145 / 171	1,176 / 61	-3,806 / -431
IRR (<i>percentage</i>)	17.59	11.68	11.66	10.68	7.16
NPV/ Investment costs (<i>percentage</i>)	40.79	16.10	10.81	5.68	-23.68
Scheduled date to begin operations	January 2017	July 2018	January 2020	January 2020	September 2020

Note: The official social discount rate is 10 percent in Mexico.

The results obtained in the ex-post scenarios allow a global evaluation of the project according to its efficiency and efficacy (Morin and Alvarado, 2017). In the first case, we can affirm that the project was inefficient since it was not executed according to the established deadlines and costs. In the second case, we can affirm that the project was ineffective since it did not reach the expected socioeconomic profitability.

7. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In Mexico, we cannot say that CBA is used as a guide to define public investment projects. As happens in other countries, politicians consider different criteria to determine public investments, especially commitments to social and political groups (Eliasson and Lunberg, 2012, Annema *et al.*, 2017). When politicians have defined the project, and if the investment requires federal funds, it must present one CBA document proving the project is profitable for society (i.e., it has a positive NPV). This CBA must compare its results against an alternative project, whose costs were obtained in a parametric fashion as part of its methodology. Thus, the CBA shows some possible project advantages versus a counterfactual case, but not really versus a set of feasible alternative

projects. This limitation arises because the CBA is not analyzed within a general multi-year transport plan, which involves many related projects; there is no such plan in Mexico. Moreover, CBAs do not display incentives for an adequate forecast of the main factors for projects' successes. In Line 3 case, this light rail has performed worse than the average international figures reported by several authors concerning the two most critical issues related to this kind of project: having 62% of cost overruns (in constant prices) and 50-70% of overestimation demand.

Furthermore, in this paper, we have seen that information and results from CBAs may have a little (or null) impact on the adequate execution of projects, even considering that there are official methodologies such as Vázquez and Morín (2018), and even if the studies are structured according to these methodologies.⁹ Why does this happen? Line 3 was built during a period of macroeconomic stability in Mexico, and any lack of funds to execute the project or lack of supplies or specialized equipment were never reported. Another relevant issue is that there was no social opposition because people recognized the need for better public transport. There were no rejection attitudes from local government authorities either, and there was the previous experience of having built Lines 1 and 2 in the same city.

The Line 3 project was executed by a federal bureau specialized in infrastructure construction. Why were there so many delays in the construction of Line 3? Last CBA (SENERMEX, 2019, p. 8-29) includes an explanation for costs increases; many of them are correlated with these delays: a) project modifications (of trains' specifications, relocation of stations, protection of historic buildings), b) elements not provided for in the original construction catalog, c) unplanned removal of facilities and monuments, d) payment of financial interests due to outstanding payments, e) delays in the deed of land, f) late delivery of works, g) delay in the release of construction areas. It is worth highlighting that the document indicates the "technical" reasons for cost overruns, but even so, they represent deeper causes. Some of them related to insufficient planning, unlike various European cases where

⁹ It is worth mentioning that official methodologies to present CBAs in Mexico are very similar to other international methodologies, such as those by Mideplan in Chile or those by the European Union.

the cause of project failure was excessive planning (van der Bijl *et al.*, 2018).

The literature on institutional gaps gives us important clues to explain cases such as Line 3. Institutions establish restrictions and incentives over individual or collective actions (North, 1990). Institutions also explain some inertias or “traps” affecting the efficiency of social actions, such as large-scale transport projects. This kind of trap leads to practices where some actors have incentives to perform inefficiently to benefit from delays and cost overruns without suffering sanctions. This behavior is sometimes borderline corruption, although this is difficult to prove for an external party. Another observed effect of this type of trap is the lack of local authorities’ management capacity. This inability made it impossible to speed the construction process, or take practical actions to reduce annoyances caused by the project. Technical reasons for cost overruns and delays in Line 3 seem to be rooted within formal institutions, including property rights, legal framework, bureaucratic functions of government, and the power distribution among different government levels (Williamson, 2000). As it is known, the success of public investment projects is contingent on the quality of these institutions (Burnside and Dollar, 2004; Dollar and Levin, 2005) and favorable political, eco, social, and cultural conditions (Ika *et al.*, 2012).

In countries like Mexico, institutional change focusing on transparency and accountability is necessary, but proposals to enhance future projects must consider institutions at their adequate level. For example, if in the official Line 3 CBA evaluators admitted planning failures and many other mistakes, and if there was not an appropriate government management capacity to solve and sanction those problems, then an institutional change that allows a better management framework for assigning responsibilities, coordinating functions, and penalizing negligence and omissions is necessary. All these elements can be analyzed as part of governance institutions, but governance cannot be improved without a solid legal framework (Canitez *et al.*, 2019).

These issues remind us that institutional changes can take a lot of time, unless stakeholders accelerate them. In public transportation projects, users are the primary stakeholders. If society can demand major public accountability and better governance effectively, these elements can increase government efficacy. Project coordination and management could be enhanced by establishing impact evaluations (Legovini,

2010) that register and make procedures and ex-post project results public knowledge. Establishing stakeholder committees that participate in impact evaluations could be a pressure mechanism to improve public investment management offices' performance.

Additional recommendations imply that the federal bureau specialized in infrastructure construction (now named *la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte –SCT*) make the following elements mandatory to every major infrastructure project: 1) Establishing probability distributions for each type of project to compare each specific project with the reference class distribution (Reference Class Forecasting method). This practice allows for correct identification, reducing, and managing risk (Flivbjerg 2007a). 2) Implementing a methodological exercise analyzing all probable causes for cost overruns on each type of project. Ahiaga-Dagbui *et al.* (2017) indicated that understanding cost overrun is not the ability to list or rank factors, but the capacity to analyze connections, interactions, and plausible causal combinations. 3) Forecasts should be made subject to independent peer reviews and made available to the public as they are produced, including all relevant documentation (Flivbjerg 2007a).

Line 3 represents a sad story of social benefits gone to waste. Scenarios analyzed in this work show that failures in managing and executing Line 3 resulted in, at least, a loss of 431 million dollars in net social benefits (in present value), but if we compare the ex-post results to ex-ante studies, this loss can escalate to almost 1 billion dollars. Those social resources were wasted, generating huge annoyances for city inhabitants. In the end, Line 3 will be useful to many users, but society will never recover the lost social resources.

REFERENCES

- Aguiar, Mateus, Freitas, Caio and Régis, David C. (2017). Cost overruns on transportation infrastructure projects in Brazil: How to improve efficiency of estimations. *Intercostos*. <https://intercostos.org>
- Ahiaga-Dagbui, Dominic., Love, Peter E.D., Smith, Simon D. and Ackermann, Fran (2017). Toward a systemic view to cost overrun causation in infrastructure projects: A review and implications for research. *Project Management Journal*, 48(2), 88-98.
- Andric, Jelena M., Abdul-Majeed, Mahamadu, Wang, Jiayuan, Zou, Patrick X.W. and Zhong, Ruoyu (2019). The cost performance and causes of ove-

- rruns in infrastructure development projects in Asia. *Journal of Civil Engineering and Management*, 25(3), 203-214.
- Annema, Jan A., Frenken, Koen, Koopmans, Carl and Maarten, Kroesen (2017). Relating cost-benefit analysis results with transport project decisions in the Netherlands. *Letters in Spatial and Resource Science*, 10, 109-127.
- Bhargava, Abhishek, Panagiotis, Anastasopoulos, Labi, Samuel, Kumares, C. Sinha and Mannering, Fred L. (2010). Three-stage least squares analysis of time and cost-overruns in construction contracts. *ASCE Journal of Construction, Engineering and Management*, 136, 1207-1218.
- Burnside, Craig and Dollar, David (2004). Aid, policies, and growth: Revisiting the evidence. *World Bank Policy Research Working Paper*, No. 2834.
- Canitez, Fatih, Çelebi, Dilay and Beyazit, Eda (2019). Establishing a metropolitan transport authority in Istanbul: A new institutional economics framework for institutional change in urban transport. *Case Studies on Transport Policy*, 7, 562-573.
- Cantarelli, Chantall, Flyvbjerg, Bent and Buhl, Soren L. (2012). Geographical variation in project cost performance: the Netherlands versus worldwide. *Journal of Transport Geography*, 24, 324-331.
- Carapia, Fernanda (12 de septiembre de 2021). Está Línea 3 lejos de meta planeada[Line 3 is far from the planned goal]. *Mural*. <https://tinyurl.com/35nwwm3j>
- Carpinteiro, Samuel and Petersen, Ole H. (2014). PPP projects in transport: evidence from light rail projects in Spain. *Public Money and Management*, 34(1), 43-50.
- De Rus-Mendoza, Ginés, Betancor-Cruz, Ofelia y Campos-Méndez, Javier (2006). *Manual de Evaluación Económica de Proyectos de Transporte*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Dollar, David and Levin, Victoria (2005). Sowing and reaping: Institutional quality and project outcomes in developing countries. *World Bank Policy Research Working Paper*. No. 3524.
- Eliasson, Jonas and Lundberg, Mattias (2012). Do cost-benefit analyses influence transport investment decisions? Experiences from the Swedish Transport Investment Plan 2010-21. *Transport Reviews*, 32, 29-48.
- European Commission. (2014). *Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects: Economic Appraisal Tool for Cohesion Policy 2014-2020*. Brussels: European Commission Directorate-General for Regional and Urban Policy. <https://tinyurl.com/bdfab3z4>
- EVA-TREN. (2008). *Final Report*. EVA-TREN, Sixth Framework Programme, Milan, Italy. <http://www.eva-tren.eu>
- Flyvbjerg, Bent (2007a). Policy and planning for large-infrastructure projects: problems, causes, cures. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 34, 578-97.

- Flyvbjerg, Bent (2007b). Cost overruns and demand shortfalls in urban rail and other infrastructure. *Transportation Planning and Technology*, 30(1), 9-30.
- Flyvbjerg, Bent (2009). Survival of the unfittest: Why the worst infrastructure gets built – and what we can do about it. *Oxford Review of Economic Policy*, 25, 344–367.
- Flyvbjerg, Bent, Skamris-Holm, Mette K. y Buhl, Soren L. (2003a). How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects?. *Transport Reviews*, 23(1), 71-88.
- Flyvbjerg, Bent, Skamris-Holm, Mette K y Buhl, Soren L. (2003b). What causes cost overrun in transport infrastructure projects?. *Transport Reviews*, 24, 3-18.
- Flyvbjerg, Bent, Skamris-Holm, Mette K. y Buhl, Soren L. (2006). Inaccuracy in traffic forecasts. *Transport Reviews*, 26(1), 1-24.
- Grimaldi, Raffaele, Beria, Paolo y Laurino, Antonio (2014). A stylised cost-benefit model for the choice between bus and light rail. *Journal of Transport Economics and Policy*, 48(part2), 219-239.
- Harberger, Arnold C. (1976). *Project Evaluation. Collected Papers*. Midway Reprint.
- Hickman, Robin and Dean, Marco (2018). Incomplete cost-incomplete benefit analysis in transport appraisal. *Transport Reviews*, 38,689-709.
- Huo, Tengfei, Ren, Hong, Cai, W.G., Shen, Geoffrey Q., Liu, Bingsheng., Zhu, Minglei, Zhu and Wu, Hengqin (2018). Measurement and dependence analysis of cost overruns in megatransport infrastructure projects: Case study in Hong Kong. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(3).
- Ika, Lavagnon A., Diallo, Amadou and Thuillier, Denis. (2012). Critical success factors for World Bank projects: An empirical investigation. *International Journal of Project Management*, 30, 105–116.
- Independent Evaluation Group (2012). *World Bank Group Impact Evaluations: Relevance and Effectiveness*. Washington: World Bank.
- Isham, Jonathan and Kaufmann, Daniel (1999). The productivity of investment projects. *The Quarterly Journal of Economics*, 114 (Feb), 149-184.
- Lagarda, Guillermo, Linares, Jennifer, López, Arnoldo and Manzano, Osmel (2018). Management and execution of investment projects, the task prior to the measurement of development effectiveness: The case of the Inter-American Development Bank. IDB Working Paper Series, IDB-WP-918.
- Layard, Richard (1972). Introduction, in Layard, R. (Ed.). *Cost-Benefit Analysis: Selected Readings*. Harmondsworth: Penguin Books.
- Lee, Jin-Kyung (2008). Cost overrun and cause in Korean social overhead capital projects: Roads, rails, airports, and ports. *Journal of Urban Planning and Development*, 134(2), 59-62.
- Legovini, Arianna (2010). Development Impact Evaluation Initiative: A World Bank-Wide Strategic Approach to Enhance Developmental Effectiveness. Washington: World Bank.

- Maffii, Silvia and Parolin, Riccardo (2012). The EVA-TREN project approach and results. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 48, 2140-2149.
- Meunier, David and Welde, Morten (2017). Ex-post evaluations in Norway and France. *Transportation Research Procedia*, 26, 144-155.
- Morín, Eduardo y Alvarado, María Lizbeth (2017). *Elementos a considerar para la preparación y elaboración de la evaluación ex post de proyectos de inversión*. Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, CEPEP. <https://tinyurl.com/4zn64jfh>
- Nicolaisen, Morten S. and Driscoll, Patrick A. (2014). Ex-post evaluations of demand forecast accuracy: A literature review. *Transport Reviews*, 34, 540-557.
- North, Douglass C. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Robinson, Lisa A., Hammitt, James K., Jamison, Dean T. and Walker, Damian G. (2019). Conducting benefit-cost analysis in low- and middle-income countries: Introduction to the special issue. *Journal of Benefit Cost Analysis*, 10(S1), 1-14.
- Rodríguez, Lauro (15 de junio de 2022). L3 mueve apenas a la mitad de sus usuarios. *El Diario NTR*. https://ntrguadalajara.com/post.php?id_nota=183439
- SENERMEX (2013). Análisis Costo Beneficio. Elaboración de los Estudios para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco. México: SENERMEX Ingeniería y Sistemas, y Transconsult. <https://tinyurl.com/39aujaeh>
- SENERMEX (2017). Análisis Costo Beneficio. Elaboración de los Estudios para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco. México: SENERMEX Ingeniería y Sistemas, y Transconsult. <https://tinyurl.com/39aujaeh>
- SENERMEX (2018). Análisis Costo Beneficio. Elaboración de los Estudios para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco. México: SENERMEX Ingeniería y Sistemas, y Transconsult. <https://tinyurl.com/39aujaeh>
- SENERMEX (2019). Análisis Costo Beneficio. Elaboración de los Estudios para el Servicio de Transporte Masivo de Pasajeros en la Modalidad de Tren Ligero entre los Municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque, Jalisco. México: SENERMEX Ingeniería y Sistemas, y Transconsult. <https://tinyurl.com/39aujaeh>
- Short, Jack and Kopp, Andreas (2005). Transport infrastructure: investment and planning. Policy and research aspects, *Transport Policy*. 12(4), 360-367.

- Skamris-Holm, Mette K and Flyvbjerg, Bent (1997). Inaccuracy in traffic forecasts and cost estimates on large transport projects. *Transport Policy*, 4 (3), 141-146.
- van der Bijl, Rob, Van Oort, Niels and Bukman, Bert (2018). *Light Rail Transit Systems. 61 Lessons in Sustainable Urban Development*. Elsevier.
- Van Wee, Bert (2007). Large infrastructure projects: A review of the quality of demand forecasts and cost estimations. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 34, 611–625.
- Vázquez, César y Morín, Eduardo (2018). *Metodología para la evaluación socioeconómica de proyectos de transporte masivo*. Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, CEPEP. <https://www.cepep.gob.mx/es/CEPEP/Materiales>
- Williamson, Oliver E. (2000). The New Institutional Economics: Taking stock, looking ahead. *Journal of Economic Literature*, 38(3), 595–613.
- Winston, Clifford and Maheshri, Vikram (2007). On the social desirability of urban rail transit systems. *Journal of Urban Economics*, 62, 362-82.

Ciudades de México: un análisis de convergencia de precios (enero 2010 - octubre 2021)

MARIO GÓMEZ*

RESUMEN

En este artículo se estudia la convergencia de precios de 34 ciudades de México. Para ello, se aplican pruebas de raíz unitaria univariable, pruebas de raíz unitaria de datos panel y la prueba de convergencia. Los resultados indican que 15 de 34 ciudades no refutan la paridad relativa intranacional con pruebas univariadas e incorporando dos cambios estructurales. Para el caso de las pruebas con datos panel sin y con cambio estructural, los resultados validan también la paridad de precios relativa intranacional. En este mismo sentido, los resultados de la prueba de convergencia lo confirman y muestran la existencia de un sólo club de convergencia. Lo anterior implica que las ciudades están integradas, con unos precios que están fuertemente relacionados y con una tasa de convergencia de precios muy rápida en el largo plazo.

Palabras clave: precios relativos, cambio estructural, raíz unitaria, convergencia.

Clasificación JEL: E30, C23, R10.

ABSTRACT

Mexico cities: a price convergence analysis (January 2010-October 2021)

This paper studies the price convergence of 34 cities in Mexico. For this, univariate unit root tests, panel data unit root (first generation) tests and the convergence test are applied. The results indicate that 15 of 34 cities do not refute the intranational relative parity with univariate tests and incorporating two structural changes. For the case of tests with panel data

* Profesor Investigador Titular del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ININEE, Morelia, México. Correo electrónico: mgomez@umich.mx. ORCID: 0000-0002-4906-0966.

without and with structural change, the results also validate the intranational relative price parity. In this same sense, the results of the convergence test confirm this and show the existence of a single convergence club. This implies that the cities are integrated, the prices are strongly related and with a very fast price convergence rate in the long term.

Keywords: relative prices, structural change, unit root, convergence.

JEL Classification: E30, C23, R10.

INTRODUCCIÓN

La Paridad del Poder de Compra (PPC) es una de las teorías que busca explicar y medir estadísticamente el tipo de cambio real de equilibrio y sus variaciones, de acuerdo con las alteraciones en los precios del país considerado y de sus socios comerciales. La PPC en su versión absoluta, es una teoría que señala que el determinante principal del comportamiento del tipo de cambio de equilibrio de dos monedas de dos países son los cambios en el nivel agregado de precios entre dichos países, por lo que, un determinado bien debe mantener el mismo precio en cualquier país si se mide con la misma moneda (Dornbusch, 1985). Dicha teoría ha sido sujeta a una cantidad enorme de investigación en los últimos años. Sin embargo, la evidencia empírica muestra resultados mixtos, es decir, ha tenido dificultades para encontrar evidencia del cumplimiento de la hipótesis (Gómez, 2011).

En este sentido, el análisis de convergencia de precios intranacional ha aumentado el interés, ya que se esperaba que la diferencia y volatilidad de precios que puede haber entre países no sea tan marcado entre ciudades o regiones dentro de un mismo país. Al interior de un país no hay barreras al comercio ni volatilidad del tipo de cambio, costos de transporte menores (relativamente) y un índice de precios más homogéneo, por lo tanto, debería de haber una mayor integración de los mercados (Chaudhuri y Sheen, 2004). Se debería esperar mucho más comercio entre las regiones, estados y ciudades de bienes, trabajo y capital al interior de un mismo país que entre países, lo que puede conducir a una tasa de convergencia más rápida de los precios a nivel intranacional que internacional (Gómez y Rodríguez, 2013).

Este análisis de la convergencia de precios a nivel de ciudad o regional que permite verificar la desviación persistente de los precios

relativos es muy importante, debido a que puede generar al interior de un país, entre otras cosas, la existencia de diferentes tasas de interés y salarial reales, provocando una distribución no adecuada de los recursos productivos (Dreger y Kosfeld, 2010; Nath y Sarkar, 2009). Cuando persisten estas diferencias en las regiones o en las ciudades de un mismo país, una única política monetaria puede no ser adecuada (Gómez y Rodríguez, 2013).

Para el caso de México es muy poco el análisis que se ha hecho sobre este tema, sobre todo, estudios que incorporen metodologías que permitan cambios estructurales. Esta investigación contribuye a la literatura en los siguientes puntos: 1) se aplica la prueba de raíz unitaria de datos panel que permite la incorporación de cambios estructurales y la dependencia de sección cruzada desarrollada por Karavias y Tzavalis (2014) y siguiendo a Chen *et al.* (2021) para su implementación; 2) debido a la heterogeneidad de la dinámica de los precios, también se contribuye a la literatura empírica aplicando la prueba de convergencia propuesta por Phillips y Sul (2007, 2009). Esta investigación tiene como objetivo analizar la convergencia de precios relativos intranacional de 34 ciudades de México para el periodo enero 2010 - octubre 2021.

El presente artículo está estructurado de la siguiente manera: después de la introducción, en la primera sección se hace una revisión de literatura empírica; en la segunda sección, se comentan las pruebas de raíz unitaria univariantes, de datos panel y se describe la prueba de convergencia club; posteriormente, en la tercera sección se presentan y discuten los resultados obtenidos; y finalmente, se presentan las conclusiones.

1. REVISIÓN DE LITERATURA EMPÍRICA

En esta sección se enlistan algunos de los trabajos realizados sobre la convergencia de los precios a nivel intranacional. Investigaciones que muestran evidencia a favor de la convergencia de precios son: el estudio de Engel y Rogers (1994) para 23 ciudades en los Estados Unidos y Canadá; Sonora (2005) para 34 ciudades de México; Morshed *et al.* (2006) para 25 ciudades de la India; Yazgan y Yilmazkuday (2011) para 52 ciudades de Estados Unidos; Kitenge y Morshed (2019) para el caso de 24 productos básicos en 78 ubicaciones en la India lingüística y topográficamente diversa; finalmente, Mendoza-Velázquez y Rodero-García

(2021) estudian la convergencia de precios relativos bajo metas inflacionarias para 46 ciudades rurales y urbanas de México, aunque en las pruebas univariadas no todas las ciudades convergen en la misma tendencia a largo plazo, las pruebas panel de raíz unitaria que tienen en cuenta la dependencia transversal favorecen la convergencia relativa de los precios de los alimentos. Estudios con evidencia mixta: está el trabajo de Carrion-i-Silvestre *et al.* (2003) para 50 ciudades españolas, aunque los resultados aceptan la PPC intranacional, las desviaciones de corto plazo indican que los factores reales pueden causar una tasa de convergencia lenta a un índice de precios común; González y Rivadeneira (2004) encuentran un alto grado de cumplimiento de la PPC para bienes comerciables como frutas, verduras y alimentos en general, caso contrario, se encuentra en el sector servicios de la economía mexicana; Chaudhuri y Sheen (2004), muestran que la PPC intranacional no puede ser rechazada para la mayoría de las ciudades de Australia; Vargas-Téllez (2008) realiza un análisis de la PPC intranacional (16 ciudades y 8 tipos de mercados) para el caso de México, resultados muestran la validación de la PPC para 7 de los 8 mercados analizados; Sonora (2009) para 20 áreas metropolitanas de Estados Unidos, hay convergencia para la mayoría de los precios relativos de las ciudades, donde la tasa de convergencia se encuentra de acuerdo con la teoría, entre 1 y 2 años; Oh y Han (2009) para 6 ciudades de Korea, incluyendo 13 bienes comerciables y no comerciables, encuentran el rechazo de la hipótesis nula de raíz unitaria en 6 de 8 bienes comerciables y en 2 de 5 bienes no comerciables; Arruda *et al.* (2018) para el caso de 3 bienes (comerciables y no comerciables) de 11 ciudades de Brasil, aunque no se encuentra estacionariedad en el tipo de cambio real para todas las ciudades, existe convergencia de precios muy variado desde 7 a 69 meses; Rodríguez-Benavides y Rodríguez-Nava (2019) para el caso de bienes y servicios de ciudades de México seleccionadas, aunque los resultados permiten rechazar la hipótesis nula de no convergencia entre los precios relativos para la mayoría de los bienes y servicios analizados de las ciudades consideradas, no obstante, la convergencia es hasta cierto punto limitada; González (2020) para la convergencia de precios de las regiones de Argentina, en donde se encuentra evidencia de convergencia condicional y absoluta, aunque cuando se aplica el análisis de cointegración no todas las regiones validan la relación a largo plazo de los precios entre las regiones. Finalmente, estudios donde no se valida

la hipótesis: Nagayasu (2010) para 10 regiones en Japón, resultados indican que la inflación promedio de las regiones difiere significativamente y no hay convergencia de precios entre ellas; Ganioglou y Seven (2021) estudian la convergencia de precios regional de vivienda a largo plazo de Turquía y no encuentran evidencia de convergencia regional de precios entre las 26 regiones de este país. Los resultados revelan que las regiones se pueden agrupar en siete clubes de convergencia y un club de divergencia, lo que confirma la heterogeneidad y complejidad del mercado inmobiliario turco. Por lo anterior, es evidente que a nivel intranacional también pueden existir diferencias en la inflación en las ciudades o regionales dentro de un mismo país.

De acuerdo con la literatura revisada, la mayoría de ella utilizan pruebas de raíz unitaria (univariable y de datos panel) y pocos utilizan pruebas que permitan cambios estructurales y dependencia de sección cruzada. Para el caso de México sólo el trabajo de Mendoza-Velázquez y Rondero-García (2021) aplican prueba de raíz unitaria de datos panel con cambio estructural que relajan el supuesto dependencia de sección cruzada y ningún trabajo a aplicando la prueba de convergencia propuesta por Phillips y Sul (2007, 2009). Además, la no estacionariedad no necesariamente implica la no convergencia de precios y el no cumplimiento de la PPC. La evidencia de la convergencia de precios asociada con un proceso de reversión aún más lento de las desviaciones de la PPC influye en el no rechazo de la presencia de una raíz unitaria en la serie de tipo de cambio real. Sin embargo, este hecho no contradice necesariamente la validez de la PPC como señalan algunos estudios (Arruda *et al.*, 2018; Cecchetti *et al.*, 2002; Chen y Devereux, 2003; Culver y Papell, 1999). Por esta razón, es muy importante aplicar otras metodologías como la propuesta por Phillips y Sul (2007, 2009) para probar la convergencia o no de los precios de las ciudades en México. Sería de mucha utilidad identificar si existen diferentes regiones o club de convergencia de los precios que pueden generar diferentes tasas de interés y salarial reales, provocando una distribución no adecuada de los recursos con una única política monetaria.

2. METODOLOGÍA ECONOMETRICA

Para probar la convergencia de precios, en esta sección se comentan y describen las pruebas de raíz unitaria univariable (con y sin cambios

estructurales), las pruebas de raíz unitaria con datos panel (con y sin cambios estructurales) y la prueba de convergencia propuesta por Phillips y Sul (2007, 2009). Para ello, se utilizan los índices de precios del consumidor (IPC) de 34 ciudades de México, los cuales fueron tomados del Sistema de Cuentas Nacionales de México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el periodo de muestra de enero 2010 a octubre 2021. Para estudiar las propiedades dinámicas de los precios relativos de las ciudades o del tipo de cambio real de la ciudad, se aplican varias pruebas de raíz unitaria sobre los precios relativos, los cuales se pueden calcular de la forma siguiente:

$$tcr_i = p_{i,t} - p_{0,t} \quad (1)$$

Donde tcr_t mide la diferencia porcentual entre el precio de la ciudad i y la ciudad numeraria, $p_{i,t} = \ln(P_{i,t})$ es el logaritmo natural de IPC ($P_{i,t}$) de la ciudad i y $p_{0,t} = \ln(P_{0,t})$ es el logaritmo natural del IPC ($P_{0,t}$) de la ciudad numeraria o de referencia respecto a la cual se comparan los precios. En esta investigación se considera a la Ciudad de México como la ciudad numeraria debido a que es la ciudad líder, la más grande y porque está ubicada, aproximadamente, en el centro del país. En la mayoría de los trabajos para el caso de México se incluye esta ciudad como ciudad numeraria (ver por ejemplo, Gómez y Rodríguez, 2013; Mendoza-Velázquez y Rodero-García, 2021; Sonora, 2005). Si tcr_t es igual a cero, implica que la paridad del precio absoluta se cumple. Cuando se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria sobre esta desviación o precio relativo, implica que hay estacionariedad y existe una convergencia en el largo plazo y, por lo tanto, no se refuta la hipótesis de la paridad de precios intranacional. Se cumple la paridad relativa de largo plazo si hay convergencia a una constante diferente de cero, mientras que la paridad absoluta de largo plazo se valida cuando la convergencia es a cero (Ceglowski, 2003).

En este artículo se aplican las pruebas de raíz unitaria univariable de DickeyFuller (1979, DF), Dickey-Fuller Aumentada (1981, DFA), Phillips y Perron (1988, PP), Lee y Strazicich (2003), las pruebas de raíz unitaria con datos panel de Levin *et al.* (2002, LLC), de Im *et al.* (2003, IPS), de Fisher usando ADF (ADF-Fisher) y PP (PP-Fisher) (Maddala y Wu, 1999; Choi, 2001), de Karavias y Tzavalis (2014) y la prueba de convergencia propuesta por Phillips y Sul (2007, 2009).

En esta investigación se sigue a Chen *et al.* (2021) para su implementación de la novedosa prueba de raíz unitaria desarrollada por Karavias y Tzavalis (2014). Esta prueba permite cambios estructurales (endógenos) en los componentes deterministas de las series. La prueba permite intercepto y tendencia lineal, errores no normales y heteroscedasticidad y dependencia en la sección cruzada. Tienen mayor poder frente a alternativas homogéneas y heterogéneas, y pueden aplicarse a paneles con dimensiones de series temporales pequeñas o grandes.

También se aplica la metodología de convergencia de Phillips y Sul (2007, 2009), la cual es diferente a las aplicadas en los trabajos de convergencia de precios analizados anteriormente. Esta metodología toma en cuenta la heterogeneidad individual y se adapta a la evolución en el comportamiento heterogéneo y la necesidad de capturar este comportamiento en el modelado empírico. Desarrolla una prueba econométrica de convergencia para los componentes idiosincrásicos variables en el tiempo. Esta nueva prueba de regresión (prueba log-t) explora si existe una convergencia hacia un único componente común a largo plazo. También cuestiona la posible segmentación del mercado en la forma de un club de convergencia donde convergen a su estado estacionario. Para ello, se emplea un algoritmo de agrupamiento de convergencia de clubes, es decir, los datos del panel se agrupan en clubes con características de convergencia similares. Por lo tanto, esta metodología es capaz de identificar la posible segmentación del mercado en forma de club de convergencia (Ganioglu y Seven, 2021). En presencia de heterogeneidad, las pruebas estándar de cointegración y raíz unitaria pueden no ser adecuadas para probar convergencia (Phillips y Sul, 2007).

Además, el enfoque de la prueba log t ofrece una serie de ventajas potenciales sobre otros enfoques para estudiar la convergencia: 1) permite determinar endógenamente el número de grupos (estados, ciudades, etc.) que pertenecen a cada club de convergencia (Ivanovski *et al.*, 2018); 2) cuando existen posibles cambios estructurales a lo largo de los años, esta prueba es adecuada para tener en cuenta la heterogeneidad en el conjunto de datos entre regiones y sectores, así como sobre el tiempo (Ivanovski *et al.*, 2018); y 3) esta metodología puede incluir procesos lineales, no lineales, estacionarios y no estacionarios (Phillips y Sul, 2007).

Varios estudios han utilizado esta metodología, en el campo del mercado inmobiliario (por ejemplo, Churchill *et al.*, 2018; Montagnoli

y Nagayasu, 2015; Montañés y Olmos, 2013) han adoptado esta metodología para evaluar la convergencia de los precios de la vivienda regionales, particularmente, en los países desarrollados países como Reino Unido, Estados Unidos y Australia. Además, también en el análisis de convergencia de la desigualdad del ingreso (Suárez-Arbesú *et al.*, 2022) y en la convergencia de la pobreza energética (Salman *et al.*, 2022).

Siguiendo a Phillips y Sul (2007), la descripción de esta propuesta metodológica parte de descomponer los datos panel X_{it} de la siguiente manera:

$$X_{it} = g_{it} + a_{it} \quad (2)$$

Donde g_{it} y a_{it} representan los componentes permanentes y transitorios, respectivamente, en un marco que puede incluir procesos lineales, no lineales, estacionarios y no estacionarios. Como esta especificación puede contener componentes idiosincráticos y comunes en ambos elementos g_{it} y a_{it} , se puede separar la parte común de la idiosincrática de dichos componentes en el panel, realizando la siguiente transformación de (2),

$$X_{it} = \left(\frac{g_{it} + a_{it}}{\mu_t} \right) \mu_t = \delta_{it} \mu_t \quad (3)$$

Donde μ_t es un único componente común y δ_{it} es un elemento idiosincrático variable en el tiempo. Para estimar este último, es necesario remover μ_t de la siguiente manera:

$$h_{it} = \frac{X_{it}}{\left(\frac{1}{N} \right) \sum_{i=1}^N X_{it}} = \frac{\delta_{it}}{\left(\frac{1}{N} \right) \sum_{i=1}^N \delta_{it}} \quad (4)$$

Donde h_{it} es el parámetro de transición relativo, que captura la ruta de transición para el promedio del panel en el momento t . Es decir, traza un camino de transición del individuo i respecto al promedio del panel. En este sentido, para probar la convergencia, Phillips y Sul (2007) proponen un enfoque semiparamétrico y asumen la siguiente forma general del coeficiente: $\delta_{it} = \delta_i + \sigma_{it} \varepsilon_{it}$,

$\sigma_{it} = \frac{\sigma_i}{L(t)t^\alpha}$, $t \geq 1$, $\sigma_i > 0$ para toda i . Donde $L(t)$ es una función que cambia lentamente. De acuerdo Phillips y Sul (2007), hay la convergencia si $\alpha \geq 0$ y la hipótesis nula de convergencia como $H_0: \delta_i = \delta$ y $\alpha \geq 0$, en contra de la alternativa $H_a: \delta_i \neq \delta$ para toda i o $\alpha < 0$. De esta manera, el t -test para la hipótesis nula de convergencia, puede ser realizado a través de la siguiente ecuación:

$$\log\left(\frac{H_1}{H_t}\right) - 2\log(\log(t)) = c + b\log(t) + \varepsilon_t \text{ para } t = [rT], [rT] + 1, \dots, T \text{ con } r > 0 \quad (5)$$

Donde $H_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (h_{it} - 1)^2$ y $b=2\alpha$, la hipótesis nula de una cola de $b \geq 0$. La hipótesis nula se puede rechazar a un nivel de significancia del 5% cuando $t_b < -1.65$. Phillips y Sul (2007, 2009) utiliza el siguiente algoritmo de agrupamiento para identificar los clubes de convergencia dentro del panel:

1. De acuerdo a la última observación, se ordenan los miembros del panel;
2. Seleccionar los primeros k individuos más altos en el panel para formar el subgrupo G_k para algún $N > k \geq 2$, y después, realizar la prueba de convergencia (5) para este grupo. El tamaño del grupo central se elige sobre la base del t_k máximo con $t_k > -1.65$.
3. Agregar una unidad, a la vez, de las restantes al grupo central y realizar la prueba nuevamente mediante la ecuación (5), después utilizar el criterio de signo ($b \geq 0$) para determinar si una unidad se incorpora al grupo central;
4. Este procedimiento se repite para el caso de las unidades restantes, hasta que ya no se puedan formar más clubes de convergencia.

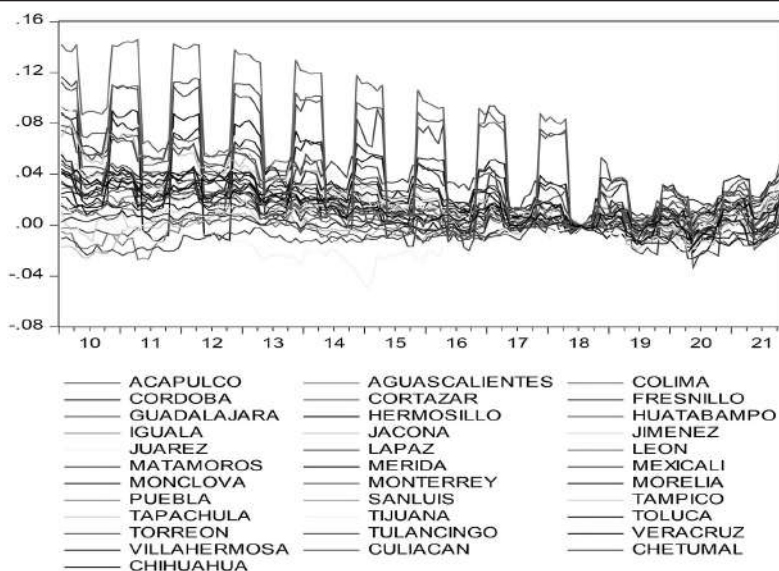
Siguiendo este procedimiento iterativo, cada club se identifica con su trayectoria de convergencia, mientras que las unidades que no muestran convergencia, forman un club no convergente. De acuerdo con Suárez-Arbesú *et al.* (2022) la magnitud de b indica si la convergencia es relativa o absoluta: 1) cuando $2 > b \geq 0$ hay evidencia de convergencia relativa, es decir, las diferencias tienden a reducirse sobre el tiempo o hay convergencia en las tasas de crecimiento; y 2) si $b \geq 2$, implica convergencia absoluta o convergencia en nivel. Para la aplicación de la prueba

de convergencia de Phillips y Sul (2007, 2009) se siguió la propuesta de Du (2017).

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los precios relativos o el tipo de cambio real de las 34 ciudades respecto a la Ciudad de México para el periodo enero 2010 a octubre 2021 se presentan en la gráfica 1 y 2¹ (base segunda quincena de Julio 2018). La evidencia muestra que los precios de las ciudades reflejan fuertes movimientos de sus desviaciones al principio, pero con una clara convergencia, aunque al final del periodo parece mostrar un poco de divergencia. Por lo anterior, es importante verificar si existe tal convergencia con las diferentes pruebas estadísticas de raíz unitaria y la nueva propuesta metodológica de club de convergencia.

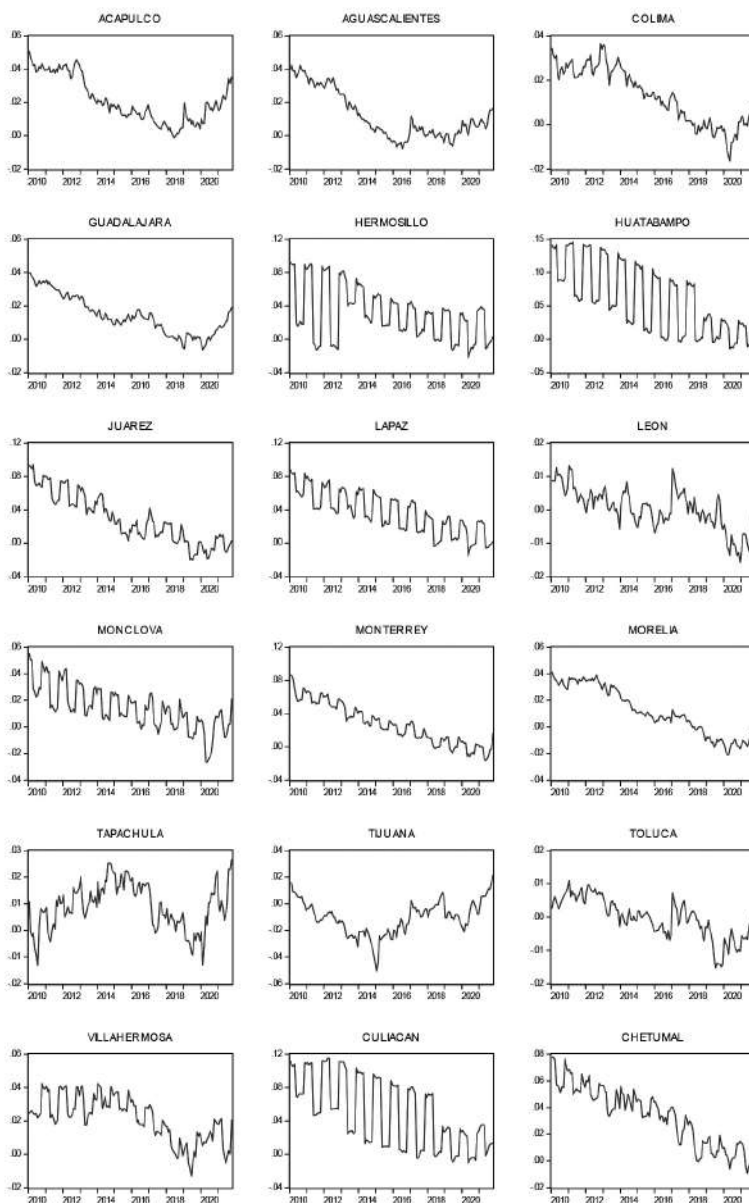
GRÁFICA 1
PRECIOS RELATIVOS DE LAS 34 CIUDADES DE MÉXICO



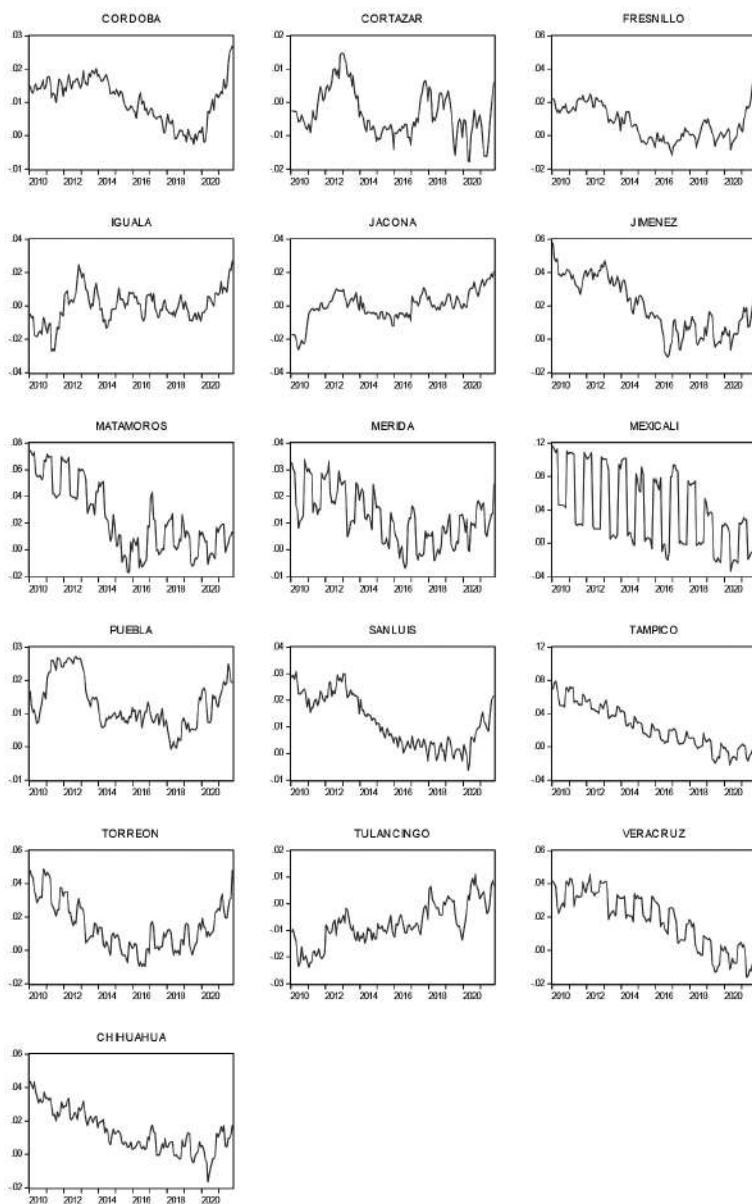
Fuente: Elaboración propia con base al Sistema de Cuentas Nacionales de México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

¹ La definición de cada una de las variables graficadas se encuentra en el cuadro A.1 del anexo.

GRÁFICA 2
 PRECIOS RELATIVOS DE LAS 34 CIUDADES DE MÉXICO



GRÁFICA 2 (CONTINUACIÓN)



Fuente: Elaboración propia con base al Sistema de Cuentas Nacionales de México, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Analizando la estadística descriptiva de los precios relativos de las 34 ciudades de México (cuadro 1), las dos ciudades que presentan menor inflación promedio a la de la Ciudad de México son Tijuana (-1.03%) y Tulancingo (-0.75%), mientras que ciudades como Huatabampo (5.7%) y Culiacán (4.8%) son las ciudades que presentan una inflación promedio mayor.

CUADRO 1
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Precio relativo de las ciudades	Media	Valor mínimo	Valor máximo
HUATABAMPO	0.05783	0.145874	-0.014256
CULIACAN	0.048152	0.115382	-0.010495
MEXICALI	0.038509	0.116536	-0.033994
LAPAZ	0.0361	0.088323	-0.015427
CHETUMAL	0.033422	0.077958	-0.009318
HERMOSILLO	0.030386	0.09319	-0.022003
JUAREZ	0.028766	0.094122	-0.020001
MONTERREY	0.027153	0.08665	-0.01616
MATAMOROS	0.023525	0.07437	-0.016948
TAMPICO	0.023472	0.079202	-0.022138
ACAPULCO	0.021438	0.050921	-0.001224
VILLAHERMOSA	0.02131	0.042651	-0.013255
JIMENEZ	0.019464	0.057884	-0.010608
VERACRUZ	0.018011	0.045755	-0.015954
TORREON	0.014544	0.048617	-0.009609
GUADALAJARA	0.014307	0.039989	-0.006232
MONCLOVA	0.013936	0.05508	-0.02626
CHIHUAHUA	0.013678	0.044037	-0.016743
PUEBLA	0.013047	0.027211	-0.000669
COLIMA	0.012927	0.036529	-0.016371
MERIDA	0.012165	0.033868	-0.006895
AGUASCALIENTES	0.012104	0.042446	-0.007645
SANLUIS	0.011873	0.030773	-0.006396
MORELIA	0.011698	0.0415	-0.02098
CORDOBA	0.010635	0.026941	-0.00254
TAPACHULA	0.008921	0.026557	-0.013134
FRESNILLO	0.007545	0.040333	-0.011646
LEON	0.000294	0.013175	-0.015835
JACONA	-3.99E-06	0.021053	-0.026191
IGUALA	-0.000185	0.027316	-0.027452
TOLUCA	-0.000262	0.010956	-0.015258

CUADRO 1 (CONTINUACIÓN)

Precio relativo de las ciudades	Media	Valor mínimo	Valor máximo
CORTAZAR	-0.003245	0.014802	-0.017774
TULANCINGO	-0.007507	0.011026	-0.023949
TIJUANA	-0.010385	0.021688	-0.050249

Fuente: cálculos del autor realizados en Eviews 10.

3.1. Resultados de las pruebas de raíz unitaria univariantes sin y con cambios estructurales

Los resultados de las pruebas de raíz unitaria DF o DFA y PP se presentan en el cuadro 2. En el caso de la primera prueba, se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria sólo para 2 de 34 ciudades cuando se incorpora una constante, y 4 de 34 cuando se incluye constante y tendencia. En el caso de la segunda prueba los resultados son mejores, ya que se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria para 11 y 18 de 34 ciudades, cuando se incorpora la constante y la constante y tendencia, respectivamente. Sin embargo, de acuerdo con la gráfica de los precios, algunas ciudades presentan movimientos bruscos que pueden ser debido a cambios estructurales, los cuales deben ser incluidos en las pruebas de raíz unitaria para una mejor especificación del modelo de la prueba. Por lo anterior, tomando en cuenta la posibilidad de cambios estructurales en las series de precios relativos, se aplica una prueba de raíz unitaria que permite dos cambios estructurales.

CUADRO 2
RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA, ENERO 2010 - OCTUBRE 2021

Precio relativo de las ciudades	Prueba DF o DFA Constante	Prueba DF o DFA Constante y tendencia	Prueba PP Constante	Prueba PP Constante y tendencia
ACAPULCO	-2.006	-0.595	-2.006	-0.300
AGUASCALIENTES	-1.944	-0.840	-1.933	-0.277
CHETUMAL	-0.409	-2.112	-2.125	-5.238***
CHIHUAHUA	-2.074	-0.277	-2.595*	-3.252*
COLIMA	-1.108	-0.884	-1.772	-2.741
CORDOBA	-1.040	-0.261	-0.851	0.179
CORTAZAR	-2.832*	-2.865	-2.562	-2.568
CULIACAN	-1.367	-2.585	-4.240***	-5.260***
FRESNILLO	-0.734	0.432	-0.847	0.628
GUADALAJARA	-2.212	-0.330	-2.212	-0.002
HERMOSILLO	-1.592	-2.424	-4.951***	-5.200***
HUATABAMPO	-1.001	-3.339*	-3.925***	-5.536***

CUADRO 2 (CONTINUACIÓN)

Precio relativo de las ciudades	Prueba DF o DFA Constante	Prueba DF o DFA Constante y tendencia	Prueba PP Constante	Prueba PP Constante y tendencia
IGUALA	-2.161	-2.569	-2.279	-2.629
JACONA	-1.873	-2.466	-1.701	-2.423
JIMENEZ	-2.355	-1.631	-2.272	-1.329
JUAREZ	-1.945	-0.987	-2.303	-4.515***
LAPAZ	-1.590	-2.726	-3.284**	-5.361***
LEON	-2.951**	-3.786**	-2.783*	-3.709**
MATAMOROS	-1.943	-0.994	-2.680*	-3.651**
MERIDA	-1.340	0.068	-3.894***	-4.267***
MEXICALI	-1.405	-2.863	-4.811***	-5.423***
MONCLOVA	-1.979	-2.181	-3.962***	-5.157***
MONTERREY	-1.458	-0.556	-2.451	-4.761***
MORELIA	-1.502	-2.230	-1.492	-2.132
PUEBLA	-1.760	-1.633	-1.850	-1.746
SANLUIS	-1.996	-1.414	-1.939	-1.296
TAMPICO	-2.119	0.511	-2.061	-4.396***
TAPACHULA	-1.827	-1.874	-2.902**	-2.869
TIJUANA	-1.791	-2.137	-1.833	-1.924
TOLUCA	-2.339	-3.628**	-2.195	-3.617**
TORREON	-1.204	1.165	-2.388	-1.766
TULANCINGO	-2.014	-4.133***	-1.890	-4.133***
VERACRUZ	-0.300	-2.483	-2.271	-4.664***
VILLAHERMOSA	-1.157	-1.741	-2.816*	-4.131***

Nota: ***, ** y * indican rechazo de la hipótesis nula al nivel de significancia del 1, 5 y 10%, respectivamente.

Fuente: cálculos del autor realizados en *Eviews 10*.

Aplicando la metodología de Lee y Strazicich (2003) para pruebas de raíz unitaria que permiten dos cambios estructurales, los resultados se presentan en el cuadro 3. Para el caso del modelo *Crash* que permite dos cambios estructurales en la constante, se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria sólo para 6 de 34 ciudades.

CUADRO 3
RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA, ENERO 2010 - OCTUBRE 2021

Precio relativo de las ciudades	Modelo Crash	Modelo Trend Break
ACAPULCO	-1.463(2019M12,2020M03)	-3.889(2013M01,2019M02)
AGUASCALIENTES	-1.959(2019M12,2020M05)	-4.526(2014M08,2020M04)
CHETUMAL	-4.904*** (2014M04,2017M04)	-6.500*** (2014M02,2018M03)
CHIHUAHUA	-2.963(2014M04,2019M10)	-5.448** (2016M11,2020M08)
COLIMA	-2.547(2020M05,2020M07)	-4.906(2012M11,2020M08)

CUADRO 3 (CONTINUACIÓN)

Precio relativo de las ciudades	Modelo Crash	Modelo Trend Break
CORDOBA	-1.879(2019M02,2020M04)	-7.219*** (2014M06,2019M12)
CORTAZAR	-2.775(2020M05,2021M07)	-4.504(2011M04,2013M07)
CULIACAN	-3.415*(2016M10,2017M04)	-5.824** (2013M04,2018M09)
FRESNILLO	-1.768(2013M11,2016M02)	-4.834(2015M11,2020M02)
GUADALAJARA	-1.903(2013M03,2019M01)	-5.177(2015M09,2020M02)
HERMOSILLO	-2.773(2011M04,2012M04)	-7.895*** (2013M03,2014M14)
HUATABAMPO	-3.493(2016M10,2017M04)	-5.649** (2013M04,2018M09)
IGUALA	-3.122(2015M03,2017M03)	-4.495(2011M11,2019M06)
JACONA	-2.108(2014M01,2016M11)	-4.538(2012M08,2015M03)
JIMENEZ	-1.800(2018M12,2019M10)	-3.957(2011M12,2016M03)
JUAREZ	-2.971(2016M10,2019M10)	-4.028(2016M04,2019M05)
LAPAZ	-2.553(2011M04,2012M02)	-5.989** (2011M03,2017M04)
LEON	-3.911** (2013M11,2018M07)	-7.048*** (2016M11,2020M05)
MATAMOROS	-2.864(2012M04,2014M04)	-4.689(2011M05,2014M09)
MERIDA	-2.900(2014M03,2020M05)	-5.035* (2014M04,2018M09)
MEXICALI	-2.529(2011M04,2016M07)	-5.318(2014M04,2018M09)
MONCLOVA	-3.653** (2020M05,2020M07)	-7.508*** (2011M11,2020M0)
MONTERREY	-3.307(2013M11,2020M06)	-4.183(2015M03,2017M09)
MORELIA	-2.369(2011M02,2011M04)	-4.029(2011M11,2019M11)
PUEBLA	-2.557(2015M04,2019M09)	-4.919(2013M02,2019M10)
SANLUIS	-2.495(2019M12,2020M05)	-3.855(2013M01,2019M02)
TAMPICO	-3.404** (2011M04,2019M09)	-6.837*** (2014M12,2019M02)
TAPACHULA	-1.979(2016M01,2020M07)	-5.163(2014M06,2019M07)
TIJUANA	-2.871(2013M11,2016M12)	-5.880** (2015M03,2019M03)
TOLUCA	-2.667(2012M01,2019M12)	-5.707** (2016M11,2019M07)
TORREON	-2.159(2012M03,2018M09)	-5.205(2015M04,2020M04)
TULANCINGO	-4.436*** (2011M12,2017M12)	-5.771** (2011M10,2013M10)
VERACRUZ	-2.305(2011M04,2017M03)	-4.611(2011M03,2018M09)
VILLAHERMOSA	-2.458(2011M09 2015M03)	-6.107** (2015M09,2019M09)

Nota: ***, ** y * indican rechazo de la hipótesis nula al nivel de significancia del 1, 5 y 10%, respectivamente.

Fuente: cálculos del autor realizados en Eviews 10.

Para el caso del modelo *Trend Break*, que permite dos cambios estructurales en la constante y en la pendiente, se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria para 15 de 34 ciudades. De acuerdo al cuadro anterior, se puede señalar que para 15 de las 34 ciudades de México no se puede refutar la teoría de la paridad relativa intranacional, indicando que hay integración comercial y convergencia de precios en el largo plazo entre los mercados de estas ciudades y la Ciudad de México.

3.2. Pruebas de raíz unitaria en datos panel sin cambio estructural

Buscando la posibilidad de mejorar los resultados a través del análisis de datos de panel, en el cuadro 4 se presenta la evidencia de tres pruebas de panel de raíz unitaria de primera generación para las 34 ciudades de México. Uno de los supuestos importantes de estas pruebas es que asumen independencia de sección cruzada. Las tres pruebas rechazan la hipótesis nula de raíz unitaria, indicando que existe convergencia de precios intranacional de acuerdo con los datos analizados. Estos resultados coinciden con el trabajo de Sonora (2005) para las mismas ciudades pero para un periodo de 1982 al 2000.

CUADRO 4
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE DATOS PANEL, 34 CIUDADES,
ENERO 2010 - OCTUBRE 2021

Prueba de raíz unitaria	Estadístico	Valor p
LLC	-10.107***	0.000
ADF-Fisher	196.848***	0.000
PP-Fisher	232.451***	0.000

Nota: la hipótesis nula es que existe raíz unitaria en la variable y la alternativa es dicha variables es estacionaria para las pruebas LLC, IPS, ADF-Fisher y PP-Fisher. *** Indica rechazo de la hipótesis nula al nivel de significancia del 1%. Fuente: cálculos del autor realizados en *Eviews* 10.

3.3. Prueba de raíz unitaria en datos panel que permite dependencia de sección cruzada y con cambios estructurales

Considerando la posibilidad de que existe dependencia de sección cruzada en la variable de precios relativos de las ciudades consideradas, se aplicaron 4 pruebas y se presentan los resultados en el cuadro 5. Se muestra evidencia de que las cuatro pruebas rechazan la hipótesis nula de no dependencia de sección cruzada a un nivel de significancia del 1%. Por lo tanto, es importante aplicar pruebas de raíz unitaria que permitan dependencia de sección y tomar en cuenta la posibilidad de cambios estructurales determinados endógenamente en el periodo de estudio.

CUADRO 5
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DEPENDENCIA DE SECCIÓN CRUZADA
PARA LOS PRECIOS RELATIVOS

Prueba	Estadístico	Valor p
Breusch-Pagan LM	29090.13	0.000
Pesaran scaled LM	850.6955	0.000
Bias-corrected scaled LM	850.5750	0.000
Pesaran CD	124.0810	0.000

Nota: la hipótesis nula es que no hay dependencia de sección cruzada para las tres pruebas. *** Indica rechazo de la hipótesis nula al nivel de significancia del 1%. Fuente: cálculos del autor realizados en *Eviews* 10.

Siguiendo a Chen *et al.* (2021) para implementación de la novedosa metodología desarrollada por Karavias y Tzavalis (2014), en el cuadro 6 se presentan los resultados. Dichos resultados en los cuatro casos, muestran evidencia de que se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria de las series de tiempo incluidas en el panel con un nivel de significancia del 1%, por lo que el panel de estas series de tiempo es estacionario.

CUADRO 6
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE KARAVIAS Y TZAVALIS (2014),
ENERO 2010 - OCTUBRE 2021

Variable	Estadístico minZ	Valor crítico 5% Bootstrap	Valor p
Precios relativos (un cambio estructural)	-44.075***	36.897	0.000
Precios relativos (tendencia y un cambio estructural)	-42.113***	28.365	0.000
Precios relativos (dos cambios estructurales)	-45.227***	31.8768	0.000
Precios relativos (tendencia y dos cambios estructurales)	-41.830***	20.041	0.000

Nota: la hipótesis nula es que todas las series de tiempo del panel son procesos de raíz unitaria, mientras que la alternativa es que algunas o todas las series de tiempo del panel son procesos estacionarios. *** Indica rechazo de la hipótesis nula al nivel de significancia del 1%. Fuente: cálculos del autor realizados en *Stata* 15.

Lo anterior implica el cumplimiento de la paridad relativa intranacional de las 34 ciudades de México, por lo que se podría decir que los mercados internos de cada ciudad analizados, tomando en cuenta los precios relativos a nivel general, están integrados en algún grado con la ciudad numeraria y existe una convergencia de precios en el largo plazo entre las ciudades. Las desviaciones de los precios relativos de las ciudades de su nivel medio son transitorias y tienden a regresar a ese nivel medio o de equilibrio en el largo plazo. La paridad relativa refleja que los precios de las ciudades no son exactamente iguales, pero si están fuertemente relacionados unos de otros.

3.4. Prueba de convergencia de Phillips y Sul (2007, 2009)

De acuerdo a lo resultados de las pruebas de datos panel, existe estacionariedad en las series y hay convergencia de precios. Sin embargo, cuando se aplica las pruebas univariantes no todas las series rechazan la hipótesis nula de raíz unitaria. De acuerdo a la literatura revisada, la no estacionariedad no necesariamente implica la no convergencia de

precios y el no cumplimiento de la PPC. La evidencia de la convergencia de precios asociada con un proceso de reversión aún más lento de las desviaciones de la PPC influye en el no rechazo de la presencia de una raíz unitaria en la serie de tipo de cambio real. Sin embargo, este hecho no contradice necesariamente la validez de la PPC como señalan algunos estudios (Arruda *et al.*, 2018; Cecchetti *et al.*, 2002; Chen y Devereux, 2003; Culver y Papell, 1999).

En esta parte de la sección se busca mayor robustez a los resultados encontrados hasta ahora, con una metodología nueva de convergencia de Phillips y Sul (2007, 2009), que no ha sido aplicada en México, es decir, es diferente a las aplicadas en los trabajos de convergencia de precios para el caso de México, en donde se prueba si existe una convergencia hacia un único componente común a largo plazo. También se analiza la posible segmentación del mercado en la forma de clubes de convergencia donde convergen a su estado estacionario. Para ello, se emplea un algoritmo de agrupamiento de convergencia de clubes, es decir, los datos del panel se agrupan en clubes con características de convergencia similares. Por lo tanto, esta metodología es capaz de identificar la posible segmentación del mercado en forma de club de convergencia (Ganioglou y Seven, 2021). Los resultados muestran evidencia de que no es posible rechazar la hipótesis nula de convergencia de precios de las 35 ciudades consideradas, ya que los estadísticos T (calculados 53.149 y 11.598) son mayores que -1.65. Por lo tanto, esta prueba confirma los resultados de las pruebas de raíz unitarias anteriores.

CUADRO 7
RESULTADOS DE LA PRUEBA LOG T DE PHILLIPS Y SUL (2007, 2009),
ENERO 2010 - OCTUBRE 2021

Variable	Coefficiente <i>b</i>	Error estándar	Estadístico T	R
Precios de las 35 ciudades	1.465	0.027	53.149	0.2
Precios de las 35 ciudades	2.005	0.172	11.598	0.3

Nota: El número de ciudades es 35; el número de periodos son 142; los primeros 28 periodos son descartados para la regresión cuando $r=0.2$; los primeros 47 periodos son descartados para la regresión cuando $r=0.3$. La hipótesis nula es que hay convergencia de precios de las ciudades consideradas Fuente: cálculos del autor realizados en *Stata 15*.

Para verificar lo anterior, también se aplicó el procedimiento para probar si hay convergencia en algún subgrupo de ciudades. Es decir, se

aplicó el procedimiento de clusterización o agrupamiento de Phillips y Sul (2007). El resultado es que las 35 ciudades sólo forman un club de convergencia para $r=0.2$ y para $r=0.3$ (cuadro 8).

CUADRO 8
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE AGRUPAMIENTO DE PHILLIPS Y SUL (2007)
ENERO 2010 - OCTUBRE 2021

Clasificación de Clubes																																		
Club 1 :(35)																																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35

Nota: Los números representan a las ciudades 35 ciudades de la muestra. Fuente: cálculos del autor realizados en *Stata* 15.

Considerando la posibilidad de un cambio estructural a finales de 2014, de acuerdo a la gráfica de los índices de precios y los resultados de la prueba de raíz unitaria con cambios estructurales, se decidió dividir la muestra y realizar la prueba para el periodo diciembre 2014–octubre 2021. Esto debido a los cambios en la política monetaria que pudieron afectar la tasa de convergencia de precios, para más detalles ver a Mendoza-Velázquez y Rodero-García (2021). Los resultados confirman que tampoco para este periodo se puede rechazar la hipótesis nula de no convergencia de precios de las 35 ciudades consideradas, ya que los estadísticos T (calculados 2.473 y 0.670) son mayores que -1.65. Por lo tanto, esta prueba confirma los resultados de las pruebas de raíz unitarias anteriores.

CUADRO 9
RESULTADOS DE LA PRUEBA LOG T DE PHILLIPS Y SUL (2007, 2009)
DICIEMBRE 2014-OCTUBRE 2021

Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadístico T	R
Precios de las 35 ciudades	0.407	0.164	2.473	0.2
Precios de las 35 ciudades	0.082	0.122	0.670	0.3

Nota: El número de ciudades es 35; el número de periodos son 83; los primeros 17 periodos son descartados para la regresión cuando $r=0.2$; los primeros 28 periodos son descartados para la regresión cuando $r=0.3$. La hipótesis nula es que hay convergencia de precios de las ciudades consideradas. Fuente: cálculos del autor realizados en *Stata* 15.

Para verificar lo anterior, también se aplicó el procedimiento para probar si hay convergencia en algún subgrupo de ciudades. Es decir, se aplicó el procedimiento de agrupamiento de Phillips y Sul (2007). El resultado

es que las 35 ciudades sólo forman un club de convergencia para $r=0.2$ y para $r=0.3$ como en el cuadro 8. Como en la muestra completa y en la submuestra el coeficiente se encuentra en el intervalo ($2 > b \geq 0$), en la mayoría de las veces, podemos afirmar que hay evidencia de convergencia relativa, es decir, las diferencias tienden a reducirse sobre el tiempo o hay convergencia en las tasas de crecimiento.

3.5. Tasa de convergencia de los precios relativos

En esta parte de la sección se analiza la tasa de convergencia de precios entre las ciudades. La fórmula de vida media o *Half-Life* (HL) estándar sugerida por Andrews (1993) se representa de la forma siguiente:

$$H(\hat{\rho}) = |\log(0.5) / \log(\hat{\rho})| \quad (6)$$

Definida como el número de periodos requeridos para que un *shock* se disipe a la mitad, es decir, es la medida del tiempo que toma una desviación en disiparse al 50%. Si la ciudad i y la ciudad numeraria están fuertemente integradas, es de esperarse que cualquier movimiento en los precios de una se vea reflejado en los precios de la otra. Por lo que, la HL de dos ciudades integradas sería muy pequeña y muy grande sino lo están.

CUADRO 10
RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA, ENERO 2010 – OCTUBRE 2021

Precio relativo de las ciudades	Modelo Crash	Vida Media	Modelo <i>Trend Break</i>	Vida Media
ACAPULCO	-1.463	12.039	-3.889	1.749
AGUASCALIENTES	-1.959	11.662	-4.526	1.478
CHETUMAL	-4.904***	0.648	-6.500***	0.156
CHIHUAHUA	-2.963	1.814	-5.448**	0.528
COLIMA	-2.547	5.420	-4.906	0.664
CORDOBA	-1.879	15.419	-7.219***	0.702
CORTAZAR	-2.775	5.634	-4.504	2.742
CULIACAN	-3.415*	2.268	-5.824**	0.868
FRESNILLO	-1.768	16.419	-4.834	1.492
GUADALAJARA	-1.903	11.906	-5.177	1.799
HERMOSILLO	-2.773	16.179	-7.895***	0.678
HUATABAMPO	-3.493	2.176	-5.649**	0.874
IGUALA	-3.122	4.082	-4.495	1.619
JACONA	-2.108	9.308	-4.538	2.254
JIMENEZ	-1.800	9.113	-3.957	2.047

CUADRO 10 (CONTINUACIÓN)

Precio relativo de las ciudades	Modelo Crash	Vida Media	Modelo <i>Trend Break</i>	Vida Media
JUAREZ	-2.971	2.472	-4.028	2.200
LAPAZ	-2.553	3.442	-5.989**	0.433
LEON	-3.911**	3.224	-7.048***	0.855
MATAMOROS	-2.864	2.762	-4.689	1.635
MERIDA	-2.900	2.066	-5.035*	0.786
MEXICALI	-2.529	4.739	-5.318	1.031
MONCLOVA	-3.653**	1.317	-7.508***	0.214
MONTERREY	-3.307	1.778	-4.183	1.905
MORELIA	-2.369	8.454	-4.029	2.690
PUEBLA	-2.557	8.083	-4.919	1.999
SANLUIS	-2.495	5.823	-3.855	2.213
TAMPICO	-3.404**	5.497	-6.837***	0.414
TAPACHULA	-1.979	7.550	-5.163	0.882
TIJUANA	-2.871	6.356	-5.880**	1.537
TOLUCA	-2.667	5.584	-5.707**	1.290
TORREON	-2.159	8.559	-5.205	0.668
TULANCINGO	-4.436***	2.478	-5.771**	1.008
VERACRUZ	-2.305	3.874	-4.611	1.637
VILLAHERMOSA	-2.458	6.185	-6.107**	0.409
PROMEDIO GENERAL		3.828		1.278
PROMEDIO PRECIOS ESTACIONARIOS		2.572		0.716

Nota: ***, ** y * indican rechazo de la hipótesis nula al nivel de significancia del 1, 5 y 10%, respectivamente. Fuente: elaboración propia con base a los resultados de las pruebas de raíz unitaria.

La tasa de convergencia para las 34 ciudades es de 3.82 meses cuando se aplica el Modelo *Break* y 1.27 meses cuando se aplica el Modelo *Trend Break*. Sin embargo, cuando sólo se toman en cuenta las ciudades que tienen precios relativos estacionarios, muestran un promedio aún menor de tan sólo de 2.57 meses para el primer modelo y de 0.71 meses para el segundo modelo (cuadro 10). En general, los resultados de la tasa de convergencia para las ciudades están en línea con los resultados encontrados por Sonora (2009), con una tasa de convergencia menor a dos años cuando se incorporan hasta dos cambios estructurales en los precios de las ciudades de Estados Unidos; también con los resultados encontrados por Nath y Sarkar (2013) con un tasa de vida media de 2.3 a 3.8 trimestres para 7 ciudades australianas, permitiendo cambios estructurales en las pruebas; finalmente, con los resultados encontrados por Mendoza-Velázquez y Rondero-García (2021) para el caso de 46 ciudades urbanas y rurales de México, con una vida media de 0.7 a 3.10 meses. Se confirma que la no estacionariedad de los precios relativos o tipos de cambios reales intranacionales conduce a una tasa de

convergencia más lenta para México, similar a los resultados encontrados por Arruda *et al.* (2018) para el caso de Brasil.

CONCLUSIONES

En este artículo se estudia la convergencia de precios para 34 ciudades de México respecto a la Ciudad de México para el periodo enero 2010–octubre 2021. De acuerdo con la literatura, a nivel intranacional se esperaría una mayor integración de los mercados y una más rápida convergencia de precios. Para probar lo anterior, se realizan las pruebas de raíz unitaria univariable (con y sin cambios estructurales), así como también pruebas con datos panel (sin y con cambios estructurales), siguiendo a Chen *et al.* (2021) y Karavias y Tzavalis (2014). Además, también se aplica la metodología de convergencia de Phillips y Sul (2007, 2009), la cual no se ha utilizado para el análisis de convergencia de precios para el caso de México. Los resultados indican que la paridad del precio relativa intranacional no es rechazada por los datos en 15 de 34 ciudades utilizando pruebas univariables e incorporando dos cambios estructurales. Para el caso de las pruebas con datos panel sin y con cambio estructural, los resultados no refutan la paridad de precios relativa intranacional para las 34 ciudades. Sin embargo, a nivel individual algunas ciudades presentan raíz unitaria en sus precios relativos y una convergencia más lenta, es decir, la no estacionariedad de los precios relativos o tipos de cambios reales intranacionales conduce a una tasa de convergencia más lenta para México. Se confirma que la no estacionariedad de los precios relativos o tipos de cambios reales intranacionales conduce a una tasa de convergencia más lenta para México, similar a los resultados encontrados por Arruda *et al.* (2018) para el caso de Brasil. En general, los resultados de la tasa de convergencia para las ciudades están en línea con los resultados encontrados por Sonora (2009), con una tasa de convergencia menor a dos años para Estados Unidos. También con los resultados encontrados por Nath y Sarkar (2013) con una tasa de vida media de 2.3 a 3.8 trimestres para 7 ciudades australianas. Para el caso de México, con los resultados encontrados por Mendoza-Velázquez y Rondero-García (2021) para el caso de 46 ciudades urbanas y rurales de México, con una vida media de 0.7 a 3.10 meses. Para complementar lo anterior, los resultados de la metodología de convergencia de Phillips y Sul (2007, 2009) confirman

que hay convergencia de precios relativa de las 35 ciudades, con un sólo club de convergencia. Lo que implica que las ciudades están integradas, con unos precios que están fuertemente relacionados (aunque pueden no ser exactamente iguales) y que existe una tasa de convergencia de precios muy rápida en el largo plazo.

El análisis de la convergencia de precios a nivel de ciudad es de utilidad para la toma de decisiones de política monetaria al interior de un país, ya que se puede generar una distribución no adecuada de los recursos productivos debido a diferencias en las tasas de interés real y salarios reales dentro de un país (Nath y Sarkar, 2009; Dreger y Kosfeld, 2010).

En la muestra completa y en la submuestra el coeficiente se encuentra en el intervalo ($2 > b \geq 0$), en la mayoría de las veces. Por lo tanto, se concluye que hay evidencia de convergencia relativa, es decir, las diferencias tienden a reducirse sobre el tiempo o hay convergencia en las tasas de crecimiento. En este caso en particular, hay evidencia de convergencia de precios pero no es homogénea, unas ciudades tienen una tasa más rápida que otras. Esta información es importante para establecer medidas que permitan aumentar la integración de los mercados de las ciudades y mejorar la tasa de convergencia de algunas ciudades. Esto permitirá hacer una distribución más eficiente de los recursos productivos al interior del país. En futuras investigaciones sobre el tema, sería interesante aplicar la prueba de convergencia club para regiones, bienes y mercados específicos, además, de estudiar los determinantes de las diferentes tasas de convergencia de precios.

REFERENCIAS

- Andrews, Donald W.K. (1993). Exactly Median-Unbiased Estimation of First Order Autoregressive/Unit Root Models. *Econometrica*, 611(1), 39-165.
- Arruda, Elano Ferreira, Castelar, Ivan, Guimarães, Daniel Barboza y Barbosa, Rafael Barros (2018). Price convergence, reversal speed and purchasing power parity: Stylized facts for Brazilian cities. *Economia*, 19 (2), 219-235.
- Carrion-I-Silvestre, José Luis, Del Barrio, Tomas y Lopez-Bazo, Enrique (2004). Evidence on the purchasing power parity in a panel of cities, *Applied Economics*, Taylor and Francis Journals, 36(9), 961-966.
- Cecchetti, Stephen G., Mark, Nelson C y Sonora, Robert J. (2002). Price index convergence among United States cities. *International Economic Review*, 43 (4), 1081-1099.

- Ceglowski, Janet (2003). The Law of One Price: International Evidence for Canada. *The Canadian Journal of Economics*, 36 (2), 373-400.
- Chaudhuri, Kausik y Sheen, Jeffrey (2004). Purchasing Power Parity Across States and Goods Within Australia. *The Economic Record*, 80 (250), 314-329.
- Chen, Leinleiny y Devereux, John (2003). What can US city price data tell us about purchasing power parity?. *Journal of International Money and Finance*, 22(2), 213-222.
- Chen, Pengyu., Karavias, Yiannis y Tzavalis, Elias (2021). *Panel Unit Root Tests with Structural Breaks*. Discussion Papers 21-12, Department of Economics, University of Birmingham.
- Choi, In. (2001). Unit Root Tests for Panel Data. *Journal of Intern. Money and Finance*, 20(2), 249-272. [https://doi.org/10.1016/S0261-5606\(00\)00048-6](https://doi.org/10.1016/S0261-5606(00)00048-6).
- Churchill, Sefa A., Inekwe, John y Ivanovski, Kris (2018). House price convergence: Evidence from Australian cities. *Economics Letters*, 170(C), 88-90.
- Culver, Sarah E y Papell, David H. (1999). Panel Evidence of Purchasing Power Parity Using Intrnational and International Data. *Mimeo*, Department of Economics University of Houston.
- Dickey, David A. y Fuller, Wayne A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74 (366), 427-431.
- Dickey, David A. y Fuller, Wayne A. (1981). Likelihood Ratio Tests for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica*, 49(4), 1057-1072.
- Dornbusch, Rudiger (1985). Purchasing Power Parity. *NBER, Working Paper 1591*, 1-34.
- Dreger, Christian y Kosfeld, Reinhold (2010). Do Regional Price Levels Convergence?. *Journal of Economics and Statistics*, 230(3), 274-286.
- Du, Kerui (2017). Econometric convergence test and club clustering using Stata. *Stata J.*, 17 (4), 882e900.
- Engel, Charles y Rogers, John H. (1994). How wide is the border?. *NBER Working Paper*, 4829, 1-43.
- Ganioglua, Aytul y Seven, Unal (2021). Do regional house prices converge? Evidence from a major developing economy. *Central Bank Review, Research and Monetary Policy Department, Central Bank of the Republic of Turkey*, 21 (1), 17-24.
- Gómez, Mario (2011). *Tres ensayos sobre el tipo de cambio en México*. [Tesis doctoral. Doctorado en Economía], UNAM.
- Gómez, Mario y Rodríguez, José Carlos (2013). Cambio estructural y convergencia de precios entre las principales ciudades de México. *EconoQuantum*, 10 (1), 59-75.
- González, Fernando A.I. (2020). Regional price dynamics in Argentina (2016-2019). *Regional Statistics*, 10(2), 83-94.

- González, Marco y Rivadeneyra, González, Francisco (2004). La Ley de un Solo Precio en México: un Análisis Empírico. *Gaceta de Economía*, ITAM, 10(19), 91-115.
- Im, Kyung So, Pesaran, Hashem y Shin, Yongcheol (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53-74. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(03\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(03)00092-7)
- Ivanovski, Kris, Churchill, Sefa A. y Smyth, Russell (2018). A club convergence analysis of per capita energy consumption across Australian regions and sectors. *Energy Economics*, 76(C), 519-531.
- Karavias, Yiannis y Tzavalis, Elias (2014). Testing for unit roots in short panels allowing for a structural break. *Computational Statistics & Data Analysis* 76 (1), 391-407.
- Kitenge, Erick M. y Morshed, A.K.M. Mahbub (2019). Price convergence among Indian cities: The role of linguistic differences, topography, and aggregation. *Journal of Asian Economics*, 61(C), 34-50.
- Lee, Junsoo y Strazicich, Mark C. (2003). Minimum Lagrange Multiplier Unit Root Test with Two Structural Breaks. *Review of Economics and Statistics*, 85(4), 1082-1089.
- Levin, Andrew., Lin, Chien-Fu y Chu, Chia-Shang James (2002). Unit Root Test in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties. *Journal of Econometrics*, 108 (1), 1-24.
- Maddala, G.S. y Wu, Shaowen (1999). A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and A New Simple Test. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61(1), 631-52.
- Mendoza-Velázquez, Alfonso y Rondero-García, Alejandro (2021). Price-Level-Convergence of Food Baskets in Mexican Cities: Inflation-Targeting and PPP. *Paradigma Económico*, 13 (2), 131-164.
- Montañés, Antonio y Olmos, Lorena (2013). Convergence in US house prices. *Economics Letters*, 121(2), 152-155.
- Montagnoli, Alberto y Nagayasu, Jun (2015). UK house price convergence clubs and spillovers. *Journal of Housing Economics*, 30(C), 50-58.
- Morshed, A.K.M. Mahbub, Ahn, Sung K. y Lee, Minsoo (2006). Price Index Convergence among Indian Cities: A Cointegration Approach. *Journal of Asian Economics*, 17 (6), 1030-1043.
- Nagayasu, Jun (2010). Regional Inflation (Price) Behaviors: Heterogeneity and Convergence. *MPRA Paper 25430*, University Library of Munich, Germany, 1-32.
- Nath, Hiranya K. y Sarkar, Jayanta (2009). Unbiased Estimation of the Half-Life to Price Index Convergence among U.S. Cities. *Journal of Money, Credit and Banking*, 41 (5), 1041-1046.
- Nath, Hiranya K. y Sarkar, Jayanta (2013). City Relative Price Dynamics in Australia: Are Structural Breaks Important?. *Economic Record*, 90 (288), 33-48.

- Oh, Y. y Han, K. (2009). Purchasing Power Parity in Korean City Panels with Disaggregate Price Indices. *Applied Economics Letters*, 16(1), 45-49.
- Phillips, Peter C.B. y Perron, Pierre (1988). Testing for a Unit Roots in a Time Series Regression. *Biometrika*, 75 (2), 335-346.
- Phillips, Peter C.B. y Sul, Donggyu. (2007). Transition modeling and econometric convergence tests. *Journal of the Econometric Society*, 75(6), 1771-1855.
- Phillips, Peter C.B. y Sul, Donggyu (2009). Economic transition and growth. *Journal of Applied Econometrics*, 24(7), 1153-1185.
- Rodríguez-Benavides, Domingo y Rodríguez-Nava, Abigail (2019). Convergencia de los precios locales en México: un enfoque de pruebas entre pares. *Estudios Económicos*, 34 (2), 309-332.
- Salman, Muhammad., Zha, Donglan y Wang, Guimei (2022). Assessment of energy poverty convergence: A global analysis. *Energy*, 255(C), 124579.
- Sonora, Robert J. (2005). City CPI Convergence in Mexico. *Review of Development Economics*, 9 (3), 359-367.
- Sonora, Robert J. (2009). City Relative Price Convergence in the USA with Structural Breaks. *Applied Economics Letters*, 16 (9), 939-944.
- Suárez-Arbesú, Claudia, Apergis, Nicholas y Delgado, Francisco J. (2022). Club convergence and factors of income inequality in the European Union. *International Journal of Finance & Economics*, 1-13.
- Vargas-Téllez, César O. (2008). Purchasing Power Parity across Mexican Cities: A Panel Data Analysis. *Applied Economics*, 40 (22), 2891-2899.
- Yazgan M. Ege y Yilmazkuday, Hakan (2011). Price-Level Convergence: New Evidence from U.S. Cities. *Economics Letters*, 110(2), 76-78.

ANEXO

CUADRO A.1
DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES GRAFICADAS

Variable	Significado
1. ACAPULCOMEX	Precio relativo de la Ciudad de Acapulco
2. AGUASCAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Aguascalientes
3. CHETUMEX	Precio relativo de la Ciudad de Chetumal
4. CHIHUAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Chihuahua
5. COLIMAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Colima
6. CORDOBAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Córdoba
7. CORTAZARMEX	Precio relativo de la Ciudad de Cortazar
8. CULIACANMEX	Precio relativo de la Ciudad de Culiacán
9. FRESNILLMEX	Precio relativo de la Ciudad de Fresnillo
10. GUADALAJARAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Guadalajara
11. HERMOSILLOMEX	Precio relativo de la Ciudad de Hermosillo
12. HUATABAMPOMEX	Precio relativo de la Ciudad de Huatabampo
13. IGUALAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Iguala
14. JACONAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Jacona
15. JIMENEZMEX	Precio relativo de la Ciudad Jiménez
16. JUAREZMEX	Precio relativo de Ciudad Juárez
17. LAPAZMEX	Precio relativo de la Ciudad de La Paz
18. LEONMEX	Precio relativo de la Ciudad de León
19. MATAMOROSMEX	Precio relativo de la Ciudad de Matamoros
20. MERIDAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Mérida
21. MEXICALIMEX	Precio relativo de la Ciudad de Mexicali
22. MONCLOVAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Monclova
23. MONTERREYMEX	Precio relativo de la Ciudad de Monterrey
24. MORELIAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Morelia
25. PUEBLAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Puebla
26. SANLUISMEX	Precio relativo de la Ciudad de San Luis Potosí
27. TAMPICOMEX	Precio relativo de la Ciudad de Tampico
28. TAPACHULAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Tapachula
29. TIJUANAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Tijuana
30. TOLUCAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Toluca
31. TORREONMEX	Precio relativo de la Ciudad de Torreón
32. TULANCINGOMEX	Precio relativo de la Ciudad de Tulancingo
33. VERACRUZMEX	Precio relativo de la Ciudad de Veracruz
34. VILLAHERMOSAMEX	Precio relativo de la Ciudad de Villahermosa

Desempeño exportador de la industria de maquinaria agrícola: Argentina y Brasil, periodo prepandémico

GERMÁN HÉCTOR GONZÁLEZ*
FIORELLA MEZZANOTTE**
MICAELA RAMÍREZ***

RESUMEN

Argentina tuvo un desarrollo industrial temprano en maquinaria rural impulsado por la expansión agrícola. Sin embargo, quedó relegada por la industria brasileña y el primero se convirtió en importador neto. El objetivo principal del trabajo fue abordar comparativamente el desempeño comercial de las industrias de maquinaria agrícola argentina y brasileña, para lo cual se ha utilizado un enfoque de cuota de mercado constante que contempla segmentos y diferenciación de mercados para el periodo prepandémico. Ambos países mostraron problemas de competitividad y fueron favorecidos por un mercado global que estaba en expansión antes de la pandemia COVID-19. Se verificó un cambio, durante el periodo en estudio, en la orientación de la producción brasileña hacia los segmentos de tractores y cosechadoras, mientras que en Argentina se ha dirigido hacia otras maquinarias e implementos. Sin embargo, los datos muestran una oportunidad para que Argentina compita abiertamente en cosechadoras con Brasil.

Palabras clave: Maquinaria Agrícola, competitividad, cuota de mercado, Brasil, Argentina

Clasificación JEL: L64, L13, F14.

* Profesor-investigador, Universidad Nacional del Sur, Argentina.

Correo electrónico: ghgonza@uns.edu.ar. ORCID: 0000-0002-9341-8654

** Licenciada en Economía. Integrante de grupo de investigación en el Departamento de Economía, UNS. Correo electrónico: fion33@hotmail.com. ORCID: 0000-0003-2710-5278.

*** Licenciada en Economía, Doctoranda en Economía (UNS), Becaria doctoral del CONICET con lugar de trabajo en el IIESS, UNS-CONICET.

Correo electrónico: micalaramirez8419@gmail.com. ORCID: 0000-0003-1119-347X.

ABSTRACT

Export performance of the agricultural machinery industry: Argentina and Brazil, pre-pandemic period

Argentina had an early industrial development in rural machinery driven by agricultural expansion. However, it was left behind by the Brazilian industry and the former became a net importer. The main objective of the paper was to address comparatively the trade performance of the Argentine and Brazilian agricultural machinery industries, using a constant market share approach that considers segment and market differentiation for the pre-pandemic period. Both countries showed competitiveness problems and were favored by a global market that was expanding before the COVID-19 pandemic. There was a change, during the period under study, in the production orientation of Brazilian production towards the tractor and harvester segments, while in Argentina it has been directed towards other machinery and implements. However, the data show an opportunity for Argentina to compete openly with Brazil in harvesters.

Key words: Agricultural machinery, competitiveness, market share, Brazil, Argentina

JEL Classification: L64, L13, F14

INTRODUCCIÓN

El complejo de maquinaria agrícola en Argentina comienza su desarrollo e inserción de manera muy temprana, cuando se logra producir el primer arado en el país en 1878 y la primera trilladora a vapor en 1910. Sin embargo, con el cambio en la estrategia global de los años 1990, las empresas internacionales instaladas en Argentina trasladaron la mayor parte de la producción de la región a Brasil, convirtiendo con el paso del tiempo a Argentina en importadora neta de las maquinarias.

En términos de empleo, se estima que el sector genera aproximadamente 24,000 empleos directos y 40,000 puestos indirectos. Además, la maquinaria agrícola compone el 1,6% del Valor Agregado Bruto del sector manufacturero. En la actualidad, existen alrededor de 1,200 empresas, entre las cuales se destaca una gran proporción de PyMES argentinas que conviven con las mayores productoras a nivel global: John Deere, Fiat, AGCO Allis y Case New Holland (CNH).

Motivado por el impacto económico significativo, se plantearon dos hipótesis sobre el desempeño comercial argentino referidas a la especificidad de la segmentación de la producción y al desplazamiento de la producción argentina en el mercado regional por productos brasileños. Finalmente, se discutió la naturaleza del desempeño productivo actual del complejo.

En términos metodológicos, el trabajo aborda el problema del desempeño exportador argentino en perspectiva comparada con Brasil como referencia. Se ofrece una revisión bibliográfica, se caracteriza a las ofertas y a las demandas de ambos países, se analiza el grado de concentración del mercado, entre otros aspectos importantes. Para verificar las hipótesis planteadas, se realizó un análisis de cuota de mercado constante a partir de la propuesta de Ahmadi-Esfahini (2006). Utilizando los datos de flujos comerciales bilaterales proporcionados por la *Base pour l'Analyse du Commerce International* (BACI) del *Centre d'Études Prospectives et d'Informations Internationales* (CEPII) para el período 2002-2019, bajo la estructura de códigos de productos del Sistema Armonizado (HS) correspondiente a la revisión 1996, y los códigos de países ISO junto a la clasificación de países propuesta por Langard (2014) en función del desempeño exportador y la demanda interna de cada país.

A continuación, se describe al complejo exportador de la Maquinaria agrícola (sección 1) y la evolución del complejo en Argentina y Brasil (sección 2). Luego se desprenden las hipótesis en un marco teórico apropiado y se detalla la metodología de verificación y fuentes de datos (sección 3). La sección 4 presenta los resultados. Finalmente, se presentan las consideraciones finales.

1. CONCEPTUALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GENERAL

1.1. Conceptos básicos

El concepto referido a la “maquinaria agrícola” incluye una importante variedad de productos dentro de los cuales se encuentran los tractores, las cosechadoras, sembradoras e implementos. La principal fuente para definir al complejo exportador es el Informe de la industria de la maquinaria agrícola del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC, 2020).

Las maquinarias agrícolas incluyen una serie de equipos, partes o implementos, diseñados para abrir surcos en la tierra, desmenuzar,

fumigar y fertilizar el suelo, caracterizadas principalmente por su fuerte raigambre. Dentro de los cuales se encuentran los tractores, sembradoras, cosechadoras, pulverizadoras y otros equipos de funciones varias (como fumigación, fertilizantes y defensivos). Sin embargo, su principal característica es la autonomía que mantiene para su funcionamiento, aprovechando la energía de una fuente motriz (sea directa o indirectamente).

Además, resulta relevante diferenciar la maquinaria agrícola de los implementos. Estos últimos son definidos por Cicare (1998) como: “conjunto de elementos utilizados en el trabajo agrícola y que precisan ser arrastrados por otros elementos” (p. 83). También se incluyen dentro de este gran conjunto, implementos necesarios para el almacenaje y conservación de los granos, es decir, silos, secadoras y seleccionadoras (Comelli, 2012).

1.2. El proceso productivo de la maquinaria agrícola

Para dar comienzo con el análisis, es necesario considerar que la industria en cuestión cuenta con un proceso productivo muy extenso y complejo, en el cual se involucran una diversidad de ramas, mercados y tareas con alta heterogeneidad. El proceso comienza con la obtención de la materia prima: la extracción de recursos naturales, como minerales metálicos, no metálicos y vegetales utilizados para la fabricación de equipos, maquinarias y herramientas. (Herrmann y Zappettini, 2014).

Luego continúa la etapa de transformación industrial, que a su vez se encuentra dividida en dos etapas distintas. La primera, se centra en la fabricación de los insumos básicos (commodities industriales): partes mecánicas, consistentes con el procesamiento siderúrgico semielaborado (Albornoz *et al.*, 2010). Aquí es donde se realiza la construcción del cuerpo estructural del equipo, donde se transforma el acero laminado plano, planchuelas, perfiles y caños (Langard, 2014). Y la segunda, es denominada como “fase metalmecánica” propiamente dicha, de ensamblaje. Esta última resulta ser una de las más complejas de la cadena productiva, ya que incluye desde el diseño e ingeniería de la maquinaria hasta la fabricación final de la misma. Comienza con la elaboración de agropartes, y culmina con el producto final (Herrmann y Zappettini, 2014). Es decir, es la parte en la cual se realiza el soldado y ensamblaje de otros componentes (partes, piezas, conjuntos y subconjuntos) producidos en la primera fase, hasta lograr la configuración de la estructura

central de cada maquinaria de acuerdo al diseño previamente establecido. Luego de ello, se realiza la incorporación de los adicionales, como los neumáticos, llantas, correas, cilindros hidráulicos, entre otros. Estos productos suelen ser tercerizados, es decir, se suele subcontratar a empresas de las cuales se obtienen los insumos necesarios para llevar a cabo el producto final (Langard, 2014).

El eslabón de diseño e ingeniería resulta ser más común en los países desarrollados. Esta etapa requiere de la participación de personal capacitado y profesional, dado que el avance en tecnología de maquinaria agrícola actualmente busca optimizar los tiempos y los procesos productivos. El objetivo del mismo consiste en lograr el mayor aprovechamiento posible de los materiales, en la estandarización y la simplicidad de los componentes, procedimientos y montajes (Albornoz *et al.*, 2010).

En último lugar, se encuentra la etapa de comercialización, que al igual que la anterior resulta ser una fase clave. Implica la llegada al cliente y su fidelización, e incluye cuestiones relacionadas con el marketing, la venta, los servicios post-venta y la propia distribución.

Este grupo de empresas proveedoras, interrelacionadas, prestadoras de servicios específicos y estratégicamente localizadas permiten el aprovechamiento de las ventajas comparativas, el desarrollo de economías de escala y la explotación de las externalidades positivas. Se puede observar que la amplitud de las ramas y actividades involucradas en la industria de la maquinaria agrícola requieren una importante coordinación, logística, dinámica y organización para su fabricación.

1.3. Caracterización del mercado

De acuerdo con Langard (2014), el 60% de la producción mundial se concentra en tan solo 12 empresas transnacionales (entre ellas, Deere & Compañy, CHN, AGCO, Kubota y otras), cuando en realidad existen más de 50 países con capacidad para producir este tipo de equipos. Los países en donde se encuentran ubicadas estas empresas se caracterizan por la existencia de mercados internos amplios y diversificados, sumado a sus ventajas organizacionales generadas por la experiencia acumulada en tecnología, gestión y comercialización.

Lavarello *et al.* (2010) plantean que la estructura oligopólica del mercado mundial, que es reproducida en cada mercado doméstico, se debe a la existencia de barreras a la entrada. Los clientes de estas firmas,

no suelen adquirir máquinas de forma frecuente, principalmente por la extensa vida útil de las mismas. Por lo cual, la empresa debe demostrar que su marca es convenientemente mejor que la de su competencia (por ejemplo, extendiendo servicios de soporte técnico, garantías y seguros) para que, en el momento en que el comprador decida renovar su equipo, vuelva a escoger a la misma firma. De esta manera, se termina generando un mercado en el cual los compradores no suelen arriesgarse, principalmente por el altísimo costo que implica la realización de una mala inversión. Incluso, las empresas líderes suelen tener mayor capacidad para el otorgamiento de financiación a su clientela, lo cual facilita la compra y estimula la demanda de sus productos.

Por otro lado, las empresas instaladas desde hace tiempo enfrentan costos medios decrecientes con la escala de producción, situación que les permite establecer un precio más bajo que el que puede llegar a ofrecer una recientemente instalada. Dichas economías de escala suelen, incluso, ser reforzadas por las economías de alcance logradas en gran medida por los activos intangibles relacionados a investigación y desarrollo (Langard, 2014).

Si se analizan los principales exportadores a nivel mundial de maquinaria, la participación en el mercado no se relaciona directamente con una alta demanda de maquinaria del país exportador, sino que, la misma depende más específicamente del grado de mecanización del sector y del desarrollo relativo del país. Ejemplo: Brasil, Rusia, India y China con extensa superficie de producción primaria agropecuaria, en el año 2014 se encontraban situados por debajo del promedio de mecanización.

Los países desarrollados concentraban más de la mitad de la demanda de maquinarias a nivel mundial. De acuerdo a los datos extraídos de CEPII, Estados Unidos, en el año 2019, se posicionó como el principal comprador con un 14.9%, seguido por China (12.7%), Alemania (5.4%) y Francia (4.7%), que junto a Canadá, acapararon más del 40% de las compras mundiales.

En cuanto a los países de Latinoamérica, se presentó un importante dinamismo en la demanda de este tipo de productos. En particular, se destaca Brasil con un incremento aproximado del 315% de sus compras entre 2002 y 2019. Argentina, por su parte, aumentó en un 11% sus importaciones del complejo.

En conclusión, los países desarrollados, independientemente de la extensión de tierra cultivada, tienden a presentar superávit comercial. Por ello, es razonable suponer que el desempeño exportador depende principalmente del grado de mecanización y desarrollo del país y no del nivel de producción primaria.

2. LA INDUSTRIA DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA ARGENTINA EN UNA PERSPECTIVA COMPARADA

2.1. Evolución del complejo

En 1878 se fabricó el primer arado en Argentina, y en 1910 se fabricó la primera trilladora con motor a vapor, cuyo uso se generalizó rápidamente. Desde entonces, Argentina es uno de los países que incorpora la maquinaria agrícola de manera más temprana con un paquete muy variado (Bil, 2009). Junto a los países mencionados, Argentina concentra una proporción significativa de las importaciones de maquinaria agrícola de alta complejidad tecnológica. Sin embargo, no toda la maquinaria que se utiliza en el sector agropecuario es importada. La industria de la maquinaria agrícola presenta una larga trayectoria que comienza como respuesta a la gran cantidad de necesidades de la región centro del país para la producción agrícola, la cual continúa con etapas sucesivas de crecimiento y contracción, muy relacionadas con las dinámicas macroeconómicas y sectoriales.

De acuerdo a Cicare (1998), las políticas de promoción a la mecanización de la agricultura pampeana y al desarrollo de la industria de cosechadoras e implementos agrícolas lograron que el sector alcanzara altísimos niveles de producción a mediados de 1970. No obstante, el encarecimiento de los créditos para la compra de este tipo de bienes y la creciente caída en el precio internacional de granos inauguraron, poco después, un largo período de contracción.

En cuanto a Brasil, la actividad que en primer lugar marcó su historia fue el cultivo de caña de azúcar en la zona nordeste destinado a abastecer a Europa (Vitanzi, 2013). Previo a los años 60, la importación brasileña de maquinaria agrícola se daba de forma desordenada. Esto motivó al presidente Kubitschek a promover la entrada de empresas mundialmente reconocidas con el lanzamiento del Plan Nacional de la Industria de Tractores. Por esos años, las empresas Ford y Valmet lograron dominar el mercado brasileño (Schlosser y Mogorrón, 2020).

En los años 1970, Brasil consiguió desarrollar la fabricación de los implementos agrícolas junto con las primeras cosechadoras, de la mano de un pico de producción en el sector de los tractores. La vuelta a la democracia de Brasil en la década de 1990 y la puesta en marcha del Plan Real para el control de la hiperinflación, atrajeron nuevas inversiones extranjeras y el campo continuó apostando por una gestión moderna (Schlosser y Mogorrón, 2020). El incremento sostenido de la producción de granos a comienzos del siglo XXI incentivó la incorporación de tecnología y mecanización del campo. Un ejemplo claro fue el proyecto Aquarius impulsado para aumentar la agricultura de precisión.

En Argentina, la demanda de equipos también se recuperó en la década de 1990 acompañando el incremento de los precios de los cereales y de las oleaginosas en los mercados internacionales, y este resultado se trasladó a sus importaciones (Langard, 2014). Por esos años, las compañías transnacionales productoras de maquinarias agrícolas modificaron su forma de organizar la producción en la región, y concentraron la mayor parte de la producción en Brasil.

Las sucursales argentinas de las transnacionales pasaron de ser “filiales réplica”, de acuerdo a la descripción de Langard (2014), muy común en países proteccionistas que dedican su producción al abastecimiento del mercado interno de réplicas de las maquinarias elaboradas en la casa matriz, a “filiales racionalizadas” más específicas de países con apertura al comercio internacional que se especializan solo en una parte específica de la cadena de valor. Si bien se evidenciaban ganancias de eficiencia, Argentina se convirtió en importadora neta de maquinarias.

Luego del año 2002, la industria de la maquinaria agrícola logró recuperarse de la crisis de la Convertibilidad y aprovechó un escenario con mayores precios de los commodities agropecuarios. Según los datos publicados por CAFMA (2021), la producción comenzó a crecer lentamente hasta alcanzar en el año 2010 un pico de producción de 350 millones de dólares, un 389% de lo registrado en el año 2002. Los siguientes picos de producción fueron en 2017 y en 2020. En este último, se produjo aproximadamente un 15.1% más que en el año 2017 y un 113.2% más que en 2019. Estos valores se encuentran encabezados por los tractores y las sembradoras.

La Cámara Argentina Fabricantes de Maquinaria Agrícola (CAFMA, 2021) manifiesta que, en la actualidad, la industria nacional

se compone de 1200 empresas, con fuerte presencia de PyMES, con un promedio de 23/24 empleados por firma. Estas empresas se encuentran ubicadas en las provincias de Santa Fe (44%), Córdoba (33%) y Buenos Aires (14%). Actualmente, la industria de la maquinaria agrícola continúa presente de forma activa en diferentes eslabones, ofrece una gran variedad de productos heterogéneos e impulsa el desarrollo de nuevos proveedores. Representa el 1.6% del valor agregado bruto del sector manufacturero y el 1% del empleo registrado del sector industrial privado (Garfinkel, 2019).

El resultado comercial es deficitario o superavitario dependiendo del segmento específico que se evalúe. Por ejemplo, cosechadoras en el primer caso y sembradoras en el segundo. La facturación ha crecido significativamente en los últimos años. A contramano del resto de los sectores industriales, del análisis de ventas de 2020 se desprende que la maquinaria agrícola ha tenido un buen desempeño general. Por ejemplo, las ventas de sembradoras superaron el pico del año 2017, año en el cual todos los rubros habían mostrado un récord (Cohen Arazi y Kuhn, 2020).

En cuanto a las empresas de mayor tamaño, John Deere, Fiat, AGCO Allis y Case New Holland (CNH) concentran gran parte del mercado. John Deere estuvo situada en la ciudad de Santa Fe desde el año 1958, pero en 2011 inició su actividad en Rosario, donde producen motores para maquinaria de alta calidad (Comelli, 2012). Fiat, por su parte, se encuentra presente en el país desde hace 100 años. La instalación de la empresa se debió al auge agroexportador, y para la comercialización de tractores, implementos agrícolas, grandes motores diésel, vehículos de pasajeros e industriales. En 1954 dio comienzo a la fabricación de tractores, bombas de petróleo y motores de generación eléctrica en la ciudad de Córdoba (Calaza, 2019).

Si bien la marca AGCO Allis fue creada en la década pasada, la empresa cuenta con más de 50 años de trayectoria de producción en el mercado local: en 1959, la empresa Deca SA fabricó el primer tractor y, luego, en 1960 comenzó con la producción nacional de motores Deutz. En 2001, lanzó al mercado argentino y brasileño los tractores de la Serie 6 - Nacional con la marca AGCO Allis. La empresa cuenta con una planta industrial inaugurada en 2013 en Buenos Aires, donde opera con las marcas Massey, Ferguson, Valtra y Challenger.

La firma Case Corporation se instaló en el país en 1890, y en 1999 se unió a New Holland, creando CNH Global. En 2013, Fiat Industrial y

CNH Global conformaron CNH Industrial, compañía que comercializa las marcas de tractores en la actualidad. Dicha marca mantiene actualmente su centro industrial en Córdoba, donde fabrica tractores, cosechadoras, motores, entre otros productos, y posee su sede corporativa en Buenos Aires.

De acuerdo a la información suministrada por la CAFMA, existen alrededor de 60 fabricantes nacionales de sembradoras, pero solo 7 de ellas concentran el 70% del mercado. En cuanto a cosechadoras, existe solo un fabricante nacional, Vasalli Fabril. Las empresas Pauny y Agrinar son los principales productores nacionales de tractores, mientras que Metalfor y Pla son los principales productores de pulverizadoras. El número de empresas que compiten en cada segmento es similar, alrededor de una decena, aunque no necesariamente son las mismas. En gran parte de estos segmentos, también están presentes las grandes empresas internacionales mencionadas, las cuales ofrecen los productos que fabrican o importan.

Similar al mercado argentino, las marcas que lideran la industria en Brasil están reunidas en 4 grupos: AGCO con sus empresas Massey Ferguson y Valtra, el grupo Agrele, CNH Global y John Deere. El 70% de la industria se encuentra ubicada en el sur en los estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina y Paraná.

Los niveles de producción de maquinaria agrícola autopropulsada, hacia el año 2017, alcanzaban un total de 53,043 unidades, el cual se encontraba encabezado por los tractores de ruedas (77.5%), seguido por las cosechadoras de granos (10.4%) y retroexcavadoras (6.2%). En el año siguiente, creció aproximadamente un 19% el nivel de producción, aunque en el año 2019 retrocedió a los niveles iniciales. En cuanto a las ventas, en el año 2020 se registraron un total de 47,163 unidades, dentro de las cuales el 96% correspondía a maquinaria de producción nacional, liderado principalmente por tractores de ruedas (71.9%), cosechadoras de granos (11.8%) y retroexcavadoras (7.8%). Las ventas de maquinaria importada solo conformaban el 2.5% del mercado total brasileño (ANFAVEA, 2020).

2.2. Contexto político-económico

En lo que concierne al perfil competitivo, Albornoz *et al.* (2010) plantean como aspecto positivo la “base empresarial” de la industria argentina. El sector empresario relacionado con la industria conoce muy bien

el negocio y mantiene una larga trayectoria y experiencia en el manejo de mercados complejos. Además, creen que varios productos cuentan con calidad como para competir internacionalmente, y confían en que es posible aumentar la canasta de productos sin dificultad. Sin embargo, estos autores observan que “las mayores debilidades aparecen en los climas de negocios (previsibilidad, regulaciones, parámetros macroeconómicos, etc.) y en la débil articulación entre la esfera pública y la privada” (p.48).

Bil (2017), por su parte, señala que históricamente “los problemas principales para lograr economías de escala fueron los altos costos de la fabricación nacional para competir en el mercado mundial, principalmente por el elevado valor de las materias primas, la falta de estandarización de las piezas y los déficits de la industria auxiliar, un mayor costo laboral, dificultades para incrementar la escala e incorporar las técnicas más modernas” (p. 119).

Incluso, Bil señala que, durante la década de los setenta, al incrementarse la producción en Brasil, la maquinaria brasileña logró desplazar a los productos argentinos en el mercado internacional y, años después, ocurrió lo mismo en el propio mercado argentino. A diferencia de Brasil, Argentina no ha podido consolidarse como proveedor regional y, por consiguiente, le ha sido difícil alcanzar y mantener una escala de producción que le permita ganar participación en el mercado global.

En cambio, Schlosser y Mogorrón (2020) resaltan que lo que ha colaborado ampliamente en el desarrollo de la industria brasileña, fue la continua defensa estatal de la industria local, independientemente de los cambios en el gobierno. Por lo tanto, la importación de maquinaria solo se da en situaciones excepcionales.

Las diferencias con respecto al tamaño de mercado y los niveles de industrialización entre Argentina y Brasil se ha incrementado a lo largo de la historia. En comparación con Europa, estos dos países no cuentan con una misma moneda y a medida que las divergencias entre ambos continúen en aumento, más difícil sería su integración productiva. Esta situación, se hace evidente, por ejemplo, en el superávit comercial brasileño creciente en el sector productor de las manufacturas industriales. Bekerman y Dalmasso (2014) suponen que dichas asimetrías pueden derivar en gran proporción de las diferentes políticas públicas implementadas en cada uno de los países, por ejemplo, con respecto al comercio exterior, Brasil ha tenido una estrategia mucho

más definida que Argentina porque la política comercial y los instrumentos a utilizar se encuentran establecidos de forma más coherente y estable. La desgravación impositiva a la producción destinada a la exportación junto con financiamiento compatible con estándares internacionales, han sido uno de los pilares principales para el despliegue de las exportaciones en Brasil. Por otro lado, en Argentina la debilidad de las instituciones, combinado con las fuertes fluctuaciones tanto cambiarias como macroeconómicas ha reducido su efectividad. Los rasgos del proceso de diseño e implementación de las políticas comerciales en Argentina se caracterizan por tres patrones: pasividad del Congreso, descoordinación con el poder ejecutivo y el activismo ad hoc; que han generado como resultado, según Bouzas y Cabello (2007), una serie de políticas volátiles, ambiguas e inconsistentes.

Bekerman y Dalmasso (2014) observan que, actualmente, el financiamiento para la mejora productiva en los países del Mercosur mantiene niveles de desarrollo bajos o que, en general, no se condicen con los niveles de PBI per cápita de la región. Sin embargo, puntualizan que en Brasil los niveles de financiamiento son mucho mayores que los de Argentina. En este contexto, juega un papel muy importante la estabilidad de las variables macroeconómicas, lo cual se le ha dificultado en mayor medida a la Argentina acompañada de una fuerte desconfianza de las personas para con el sistema financiero. Aunque, en ambos casos existe insuficiencia de oferta de crédito al sector privado.

3. MARCO TEÓRICO, HIPÓTESIS Y METODOLOGÍA

3.1. Marco teórico e hipótesis

Gran parte de la teoría del comercio internacional se concentra en las ventajas comparativas basadas en una determinada dotación de factores. Los modelos que así lo hacen parten del supuesto de rendimientos constantes a escala. Sin embargo, en la realidad, muchas industrias se caracterizan por tener rendimientos crecientes (o economías de escala) con repercusiones en el patrón de comercio internacional, por lo que su comprensión requiere de modelos apropiados.

Estas economías de escala pueden ser internas o externas, dependiendo de si los costos medios decrecientes dependen del tamaño de la empresa individual o del tamaño de la industria, respectivamente. Esta característica es fundamental porque define la estructura de mercado:

una industria que se caracteriza por economías de escala externas estará formada por muchas empresas pequeñas que actuarán como en competencia perfecta, mientras que, si prevalecen las economías de escala internas, la empresa que ya se encuentra produciendo tiene una ventaja de costos suficientemente alta como para que la barrera a la entrada sea significativa. Entonces, estos modelos permiten, a diferencia del modelo de Heckscher-Ohlin (de dotaciones factoriales), abordar mercados que van desde estructuras de competencia monopolística hasta estructuras con poder de mercado concentrado (oligopolios y monopolios). Desde finales de los años 1970, autores como Krugman, Helpman y Lancaster, entre otros, han ofrecido modelos que permiten explicar patrones de comercio que se escapan al abordaje de la teoría basada exclusivamente en dotaciones factoriales.

Otro fenómeno que las primeras teorías del comercio no alcanzan a explicar es el crecimiento del comercio de partes y componentes que tomó impulso en la década de 1980 a partir del *outsourcing* y del *offshoring*. Estos conceptos hacen referencia a un proceso de “desintegración” de la cadena de valor: en el primer caso, a la compra de componentes y la contratación de servicios especializados a terceros ubicados en otros países para mantener los costos bajos, y, en el segundo, a la producción de componentes en plantas propias, pero situadas en diferentes países, para aprovechar ventajas comerciales (por ejemplo, escala del mercado interno o experiencia en el rubro), impositivas (por ejemplo, régimen de promoción industrial, o la firma de una unión aduanera) o bajos costos de los factores (i.e. mayor dotación relativa del factor que la firma emplea intensivamente en esa etapa de producción específica).

Estos modelos que se apoyan en una estructura productiva particular, junto a otros modelos basados en características de la demanda (por ejemplo, el modelo de Linder), han generado herramientas analíticas para explicar el comercio bidireccional en la misma industria que se encuentra motivado por la preferencia por la diversidad al nivel de la demanda, y por la necesidad de bienes de capital e intermedios cada vez más especializados al nivel del productor. Hoy en día, el intercambio de bienes diferenciados es generalizado y, por consiguiente, el comercio es intraindustrial en una proporción significativa.

El comercio intraindustrial (fenómeno observado tempranamente por Balassa y medido originalmente por Grubel y Lloyd) se ha visto intensificado por el *outsourcing* y el *offshoring* para el aprovechamiento

de economías de escala, de aglomeración, y otras ventajas, pero también por el acelerado crecimiento de los acuerdos de integración regional que generan incentivos para la relocalización de la inversión debido al tratamiento arancelario asimétrico y otras ventajas vinculadas a la movilidad interna del capital.

La industria de maquinaria agrícola presenta todas esas características estudiadas por la Nueva Teoría del Comercio, por lo que ésta es el marco teórico apropiado para abordar el análisis de su desempeño exportador. En función de la revisión bibliográfica sintetizada más arriba, y establecido el marco teórico, se plantearon dos hipótesis y una pregunta que merece discusión.

Debido a que se encuentra inserta en un mercado global caracterizado por una demanda de productos con características muy específicas (especializada para un determinado trabajo, un determinado suelo y clima, y tamaño de las unidades productivas y capacidades de quienes desarrollan la actividad agropecuaria, etc.) es difícil para el productor nacional alcanzar una escala de producción competitiva con respecto a los grandes jugadores a nivel global, aquellos que manejan estrategias globales de posicionamiento en el mercado. Es razonable suponer que esta situación exige concentrar el esfuerzo en un segmento y una variedad acotada de productos en dicho segmento. Por consiguiente, (i) El desempeño exportador actual de la industria de maquinaria agrícola e implementos es disímil según el segmento. (ii) Existen segmentos en los que Argentina ha perdido capacidad para competir con respecto a su competidor regional, Brasil, y ha sido desplazada en mercados específicos relevantes. Esto ha limitado aún más sus posibilidades para competir en el mercado global.

En caso que las dos hipótesis fueran verificadas, la pregunta que queda por responder es si el mejor desempeño experimentado recientemente por algunos segmentos, y destacado por los especialistas, es coincidente con incrementos coyunturales de la demanda local o responde a una mejora perdurable en el perfil competitivo externo.

3.2. Método y datos

Para confirmar o refutar que la industria argentina ha perdido mercado debido al mejor desempeño brasileño y a la estrategia local de posicionamiento (i.e. la relación entre la elección de los segmentos y las características de los mercados específicos), se ha realizado un análisis de cuotas de mercado constantes (*constant market share analysis* – CMS).

El objetivo principal del análisis en cuestión se centra en la comparación entre el desempeño exportador del principal competidor regional, Brasil, y el desempeño de la industria argentina en el mercado global a nivel desagregado.

El método CMS consiste en evaluar dos efectos básicos: el primero referido a las fuerzas de demanda y el segundo a las determinantes de la oferta. Sin embargo, existen versiones del método de análisis que se diferencian en la profundidad de la descomposición. Un ejemplo es el propuesto por Török et al. (2010) que diferencia el *market size effect*, atribuible a aumentos generales en las importaciones del país de destino, el *market composition effect*, que hace referencia a la capacidad del país para concentrarse en países de crecimiento relativamente rápido, el *commodity competition effect* que se enfoca en la capacidad de la industria para orientarse hacia segmentos cuya demanda tiene mayores tasas de crecimiento, y el *competitiveness effect*, que resulta como residuo y denota la capacidad para defender o mejorar su posición en el mercado.

En cambio, Ahmadi-Esfahani (2006) propone una versión que contempla tres efectos en el primer nivel de desagregación: el *scale effect*, el *competitive effect* y el *second-order effect* (SOE). Mientras que el primero captura el desempeño explicado por el empuje de demanda, el segundo identifica el desempeño comercial resultante de la confrontación de los perfiles competitivos. Es decir que el efecto de la capacidad competitiva se aborda en forma directa y no como residuo, por lo que es la principal diferencia con el enfoque anteriormente mencionado. Finalmente, el tercer componente indica la correlación media entre el crecimiento de las exportaciones y el crecimiento de las participaciones de mercado. Un SOE negativo implica que la industria tiene pérdidas de cuota en mercados más dinámicos, y ganancias de cuota en mercados menos dinámicos.

Se comienza definiendo el indicador de participación o cuota de mercado (S) como el cociente entre las exportaciones (x) de la economía que se pretende evaluar y las exportaciones mundiales (X), es decir: $S \equiv x/X$.

Para obtener el desempeño exportador dinámico se requiere de las variables anteriormente descriptas, pero en términos de variaciones porcentuales

$$q \equiv Q + s + sQ$$

donde: q , Q y s corresponden a las variables anteriores, pero en términos porcentuales.

Si el crecimiento de las exportaciones totales es el promedio ponderado del crecimiento de los ij mercados, entonces

$$q = \sum_{ij} w_{0ij} q_{ij}$$

donde, $w_{0ij} = x_{0ij}/x_0$; $x = \sum_{ij} x_{ij}$ y; $q = \Delta x/x_0$.

A partir de las definiciones anteriores se obtiene la siguiente expresión genérica:

$$q = \sum_j w_{ij} q_{ij} = \sum_{ij} w_{0ij} Q_{ij} + \sum_{ij} w_{0ij} s_{ij} + \sum_{ij} w_{0ij} S_{ij} Q_{ij} \quad (1)$$

El primer sumando permite evaluar el efecto escala. El cual, se interpreta como el crecimiento de las exportaciones suponiendo una cuota constante en el mercado. En otras palabras, permite evaluar el crecimiento de las exportaciones por impulso exclusivo de la demanda.

El efecto competitivo se mide mediante el segundo sumando. Si las importaciones de los países de destino permanecen constantes, la presencia de un crecimiento de las exportaciones del país bajo análisis responde únicamente a un desplazamiento de los competidores en el mercado en disputa y, por ende, a una mejora relativa del perfil competitivo propio (González *et al.*, 2013; González, 2019; Ramírez, 2021).

El último sumando indica qué tan bien se han adaptado las cuotas de mercado al crecimiento de las importaciones de los mercados de destino. Tal y como se expuso en párrafos anteriores, si aquel resulta negativo significa una pérdida de cuota en los mercados más dinámicos y una ganancia en los menos dinámicos.

La segunda parte del análisis se basa en la evaluación del efecto escala y del efecto competitividad suponiendo dos contextos. En el primer contexto, el efecto escala o competitivo, según sea el caso, se da de manera uniforme en todos los mercados. En el segundo contexto se tiene en cuenta el sesgo respecto al crecimiento promedio de todos los mercados. Si el resultado es positivo, entonces, el país se ha orientado hacia los mercados “correctos”, esto significa que los mercados de destino han crecido más que el resto o los productos exportados han sido más competitivos. En términos matemáticos, la expresión (1) se descompone de la siguiente manera:

$$q = \sum_j w_{ij} q_{ij} = \{Q + \sum_{ij} w_{0ij} (Q_{ij} - Q)\} + \{s + \sum_{ij} w_{0ij} (S_{ij} - s)\} + \sum_{ij} w_{0ij} S_{ij} Q_{ij} \quad (2)$$

donde, $Q = \sum_{ij} \Delta X_{ij} / \sum_{ij} X_{0ij}$; $s = \sum_{ij} \Delta S_{ij} / \sum_{ij} S_{0ij}$.

Debido a que los resultados pueden ser sensibles a la elección del período, para la descomposición se utilizaron los valores promedio para los extremos: 2002-2004 y 2017-2019 siguiendo la recomendación de Fagerberg y Sollie (1987).

En cuanto a fuentes de datos, se utilizaron los flujos comerciales bilaterales proporcionados por la *Base pour l'Analyse du Commerce International* (BACI) (Gaulier y Zignago, 2010) del *Centre d'Études Prospectives et d'Informations Internationales* (CEPII) para el período 2002-2019, bajo la estructura de códigos de productos del Sistema Armonizado (HS) correspondiente a la revisión 1996, y códigos de países ISO. Si bien WITS-COMTRADE es la fuente de información a partir de la cual CEPII-BACI es construida, esta última tiene varias ventajas respecto a la primera. En primer lugar, COMTRADE presenta dos datos para un mismo flujo dado que los países reportan flujos desde la perspectiva de importadores y exportadores. En cambio, BACI muestra valores consistentes a partir de un procedimiento de transformación que permite acceder a un único valor armonizado, en unidades de medida comparables. Por otra parte, la utilización de flujos en espejo permite completar datos faltantes, permitiendo la utilización de información de un número mayor de países que en COMTRADE. Gaulier y Zignago (2010), detallan los procedimientos y las ventajas respecto a otras bases de datos de comercio.

Los productos incluidos son a nivel de 6 dígitos cuyos códigos de partida corresponden al complejo de Maquinaria Agrícola y sus partes: 843210: Arado, para la preparación del suelo.

843221: Gradadas, rastras de discos.

843229: Rastras (excepto disco), escarificadores, cultivadores, escardadores y azadones.

843230: Sembradoras, plantadoras y trasplantadoras, para siembra directa.

843240: Esparcidores y distribuidores para estiércol y fertilizantes, para uso agrícola, hortícola o forestal.

843240: Distribuidores de abono.

- 843320: Guadañadoras, incluidas las barras de corte para montaje sobre un tractor.
- 843330: Las demás máquinas y aparatos de henificar.
- 843340: Prensas para paja o forraje, incluidas las prensas recogedoras. Empacadoras; prensas para paja o forrajes, incluidas las empacadoras pick-up.
- 843351: Cosechadoras-trilladoras.
- 843352: Maquinaria de trilla (no incluidas en cosechadoras-trilladoras).
- 843353: Máquinas de cosechar/recolectar raíces o tubérculos.
- 843359: Las demás máquinas de recolección.
- 843360: Máquinas para limpiar, ordenar o clasificar huevos, frutas u otros productos agrícolas.
- 843390: Maquinaria de recolección y partes de máquinas trilladoras, empacadoras de paja o forraje y segadoras de césped o heno.
- 843610: Máquinas y aparatos para preparar alimentos o piensos para animales.
- 843621: Incubadoras y criadoras para la avicultura.
- 843629: Las demás maquinarias para la cría de aves de corral, excepto incubadoras y criadoras.
- 843680: Las demás máquinas y aparatos para uso agrícola, hortícola o forestal.
- 843691: Partes de máquinas, incubadoras y criadoras de aves de corral o aparatos para la avicultura.
- 843699: Otras partes de maquinaria para uso agrícola, hortícola o forestal.
- 843710: Máquinas; para limpiar, clasificar o cribado de semillas, granos, cereales o legumbres de vaina secas.
- 842481: Pulverizadores portátiles, aparatos mecánicos para proyectar, dispersar o pulverizar materias líquidas o en polvo, para uso agrícola u hortícola, incluso manuales.
- 870110: Tractores de un solo eje.
- 870120: Tractores de carretera para semirremolques.
- 870130: Tractores de oruga.
- 870190: Los demás tractores con motor de potencia inferior o igual a 18 kW.
- 870190: Los demás tractores con motor de potencia superior a 37 kW pero inferior o igual a 75 kW.

870190: Los demás tractores con motor de potencia Superior a 75 kW pero inferior o igual a 130 kW

870190: Tractores diseñados especialmente para arrastrar troncos.

847989: Silos metálicos para cereales, fijos (no transportables), incluidas las baterías, con equipos elevadores o extractores incorporados.

847982: Maquinaria para mezclar, amasar o sobar, quebrantar, triturar, pulverizar, cribar, tamizar, homogeneizar, emulsionar o agitar.

Para la identificación de mercados y competidores, se ha utilizado el método propuesto por Langard (2014). El autor ofrece una aproximación a la estructura de comercio internacional teniendo en cuenta el desempeño exportador y la demanda interna de cada país en el segmento Tractores para el año 2010. A su elección por el segmento Tractores, el autor la justifica en que es el más universal de los equipos debido a su carácter menos específico y, por consiguiente, la producción tiene penetración en todos los mercados. Con esta simplificación, Langard clasifica a los países en cuatro grupos de acuerdo al volumen de exportación y las hectáreas cultivadas. Esta agrupación, según Langard (2011), permite ver el dominio de los países centrales (indistintamente del tamaño del mercado interno) y cómo los países periféricos se caracterizan por una extensa y amplia demanda interna y una baja inserción internacional.

En línea con lo propuesto por este autor, se replicó el método de agrupamiento. Sin embargo, se extendió a todos los países involucrados en la base de datos y no solo a los considerados en el trabajo de Langard. Este cambio permitió incorporar al estudio a aquellos países que, a pesar de no ser exportadores, son o pueden ser importadores de maquinaria agrícola.

Los países quedaron distribuidos del siguiente modo:

- Grupo A: Alemania, Estados Unidos, China, India, Rusia (nivel alto en ambos aspectos);
- Grupo B: Brasil, Canadá, España, Francia, México, Sudáfrica (medio-alto en ambos aspectos);
- Grupo C: Incluye a 202 países, entre los cuales se encuentran Argentina y Ucrania (medio-alto a bajo en cuanto a superficie, bajo o nulo en cuanto a desempeño);
- Grupo D: Austria, Bielorrusia, Bulgaria, Chequia, Corea del Sur, Dinamarca, Finlandia, Gran Bretaña, Italia, Japón, Países Bajos,

Polonia, Suecia, Suiza (bajo en cuanto a superficie, medio-alto a alto en cuanto a desempeño).

Por otra parte, como se expresó con anterioridad, el complejo de la maquinaria agrícola suele ser muy variado y, con el fin de enriquecer el análisis y cotejar las hipótesis del trabajo, se decidió dividir el complejo en segmentos. El análisis cuenta con cuatro segmentos:

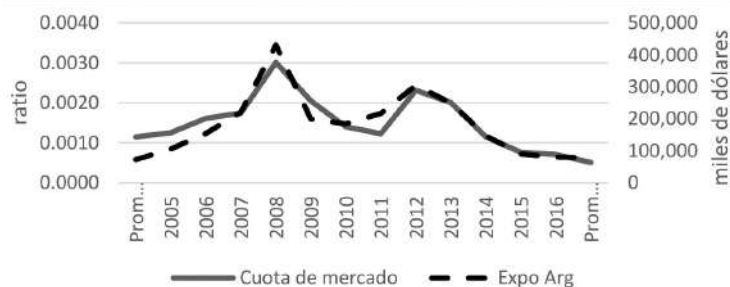
- Segmento 1: todo tipo de tractores destinados a la actividad agrícola;
- Segmento 2: todo tipo de cosechadoras utilizadas en el área agrícola;
- Segmento 3: todo tipo de maquinaria agrícola que no se encuentre dentro de los dos segmentos anteriores;
- Segmento 4: todo tipo de implementos.

4. RESULTADOS

La figura 1 representa las exportaciones totales de argentina (línea negra) en el período analizado de acuerdo a la fuente utilizada para la descomposición. Se pueden observar la existencia de dos picos significativos. En el año 2008, primer pico, el registro de exportaciones superó el monto de 400 millones de dólares. Mientras que, en el segundo pico, en el año 2012 se alcanzaron los 300 mil dólares para luego decrecer hasta el 2019.

FIGURA 1

CUOTA DE MERCADO MUNDIAL DEL COMPLEJO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA ARGENTINO Y EXPORTACIONES, EN MILES DE DÓLARES, PARA EL PERÍODO 2002-2019.



Fuente: Elaboración propia, en base a datos de BACI, CEPII.

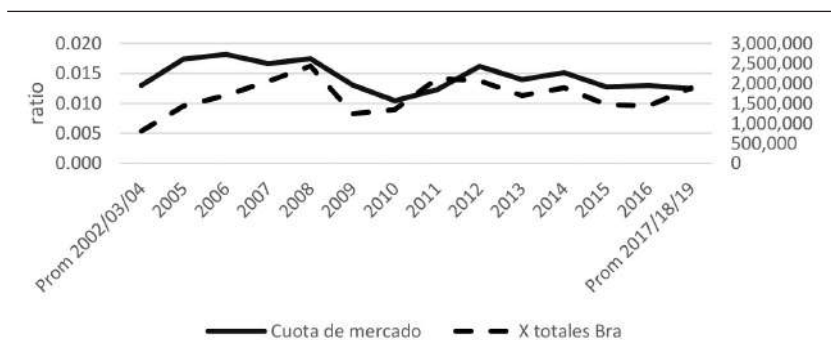
Nota: El eje principal representa el ratio de la cuota de mercado. Eje secundario representa los valores de las exportaciones en miles de dólares.

El pronunciado crecimiento de las exportaciones del complejo de maquinaria agrícola, desde el 2002, colaboró a que la participación de t en el mercado mundial tuviera un crecimiento significativo (línea roja). Sin embargo, la crisis internacional de 2008 cambió abruptamente el escenario, traduciéndose en un decrecimiento de la cuota de mercado internacional. La situación mejora eventualmente hacia el año 2012 pero luego continuó desmejorando.

Observando el caso de las exportaciones totales de Brasil (línea negra punteada) en la figura 2, se puede ver como experimentan un crecimiento tendencial desde el año 2002. Este comportamiento no se ve reflejado en la cuota de mercado (línea azul).

FIGURA 2

CUOTA DE MERCADO MUNDIAL DEL COMPLEJO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA BRASILEÑAS Y EXPORTACIONES, EN MILES DE DÓLARES, PARA EL PERÍODO 2002-2019.



Fuente: Elaboración propia, en base a datos de BACI, CEPPII.

La dinámica de la cuota de mercado brasileña tiene rasgos comunes con la cuota argentina, aunque más estilizados, es decir con menos amplitud entre extremos. Además, tanto el nivel promedio como los valores al comienzo y al final del período considerado son más altos que los correspondientes a Argentina.

En la tabla 1 se muestran los resultados del primer nivel de descomposición del crecimiento de las exportaciones argentinas y brasileñas. Se puede ver el aumento considerable de la demanda global realizada por los mercados abastecidos por Argentina (145%) y por Brasil (144%). Sin embargo, las exportaciones argentinas aumentaron tan solo un 8.4% punta a punta. En cambio, ese indicador para Brasil resultó ser mucho más elevado, cercano a un 134%.

TABLA 1
PRIMER NIVEL DE DESCOMPOSICIÓN DEL CRECIMIENTO DE LAS EXPORTACIONES DEL
COMPLEJO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA ARGENTINO Y BRASILEÑO (2002-2019)

Promedio 2002/03/04 vs. Promedio 2017/18/19	Crecimiento importaciones mundiales	Crecimiento exportaciones argentinas	Descomposición			Arg
			Efecto escala	Efecto competitivo	Efecto de segundo orden	
	1.45	0.084	1.148	-0.528	-0.536	
Promedio 2002/03/04 vs. Promedio 2017/18/19	Crecimiento importaciones mundiales	Crecimiento exportaciones brasileñas	Descomposición			Bra
			Efecto escala	Efecto competitivo	Efecto de segundo orden	
	1.44	1.338	1.372	-0.067	0.033	

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de BACI, CEPIL.

En ambos casos, el efecto escala resultó predominante e impulsó el crecimiento de las exportaciones por encima del 100%. Sin embargo, la capacidad competitiva, definida como la capacidad de los países para desplazar a sus competidores, no ha evolucionado lo suficientemente bien como para impulsar a las exportaciones, y ha arrojado resultados desfavorables en ambos casos. Argentina muestra un aporte del efecto competitividad superior al 50% negativo, mientras que en el caso brasileño alcanzó cerca del 7% negativo.

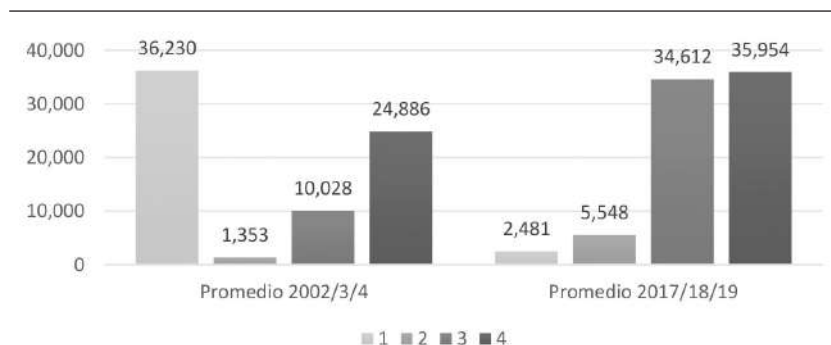
En forma similar al efecto competitividad, el efecto de segundo orden muestra un aporte negativo al crecimiento de las exportaciones argentinas. Sin embargo, no ocurre lo mismo para Brasil que experimenta un aporte positivo del orden del 3.3%. Una lectura parcial del fenómeno lleva a pensar en que los mercados abastecidos por estos países no han sido lo suficientemente dinámicos, o que han sufrido shocks negativos significativos durante el período considerado, afectando con mayor gravedad a la oferta argentina.

Los principales compradores de productos argentinos cambiaron significativamente si se comparan los extremos del período bajo análisis. En el subperíodo 2002-2004 los primeros puestos como destinos del complejo exportado correspondían, principalmente, a Brasil (49%), seguido de Chile, Bolivia y Federación Rusa (8% cada uno). En el subperíodo 2017-2019 lideraron Uruguay, Paraguay y Brasil con un 17, 14 y 9%, respectivamente. En el caso brasileño, sus principales compradores mantuvieron cierta estabilidad. Estados Unidos comenzó el año 2002 en el segundo puesto y terminó ocupando el primero en el año 2019, acaparando un 36% del total de las expor-

taciones del país. Mientras que, Venezuela, que ocupaba el primer puesto en el primer período, disminuyó tanto sus compras que ni siquiera se encuentra dentro del top ten de destinos de exportaciones brasileñas. Paraguay comenzó en el año 2002 en el tercer puesto con un 8% y terminó en 2019 con un 9% en el segundo puesto de destino de las exportaciones del país.

En cuanto a los destinos del complejo exportador argentino, se puede realizar una evaluación en relación a los segmentos para obtener un estudio más detallado. Se observa en la figura 3 que la mayor parte de las exportaciones se encontraba acaparada por el segmento 1 (tractores destinados a la actividad agrícola). La mayor parte fue destinada al grupo B de países, es decir, aquellos que poseen niveles medios de hectáreas cultivables y volúmenes medios de exportación de tractores. Entre los cuales se encuentran Brasil, Canadá, España, México, y Francia.

FIGURA 3
SEGMENTOS DE LAS EXPORTACIONES ARGENTINAS EN LOS PERÍODOS 2002-2004 Y 2017-2019.



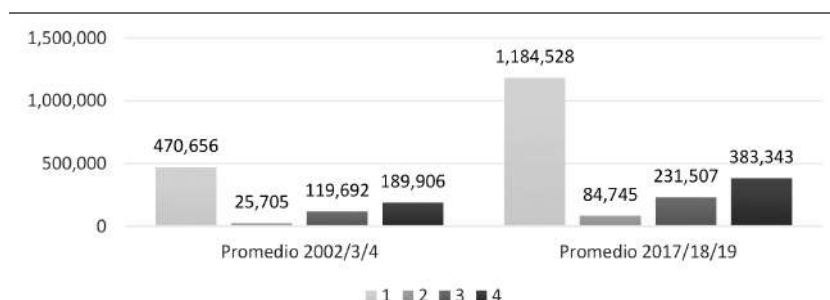
Fuente: Elaboración propia, en base a datos de BACI, CEPIL.

Luego, le seguía el segmento 4 con destinos liderados principalmente por el grupo C de países. Se incluyen en dicho grupo a aquellos con niveles medios-bajos de hectáreas cultivadas y medios bajos niveles de exportación de tractores.

Sin embargo, los principales segmentos exportados por Argentina cambiaron significativamente, al igual que sus compradores. El

segmento 4 se posicionó en primer lugar, muy a la par del segmento 3. Por otro lado, el segmento 1 perdió volumen en forma considerable. Brasil mantuvo los segmentos protagónicos: el segmento 1 lideró al comienzo y al final del período, y el 67% de sus exportaciones fueron destinadas al grupo C de países.

FIGURA 4
SEGMENTOS DE LAS EXPORTACIONES BRASILEÑAS EN LOS PERÍODOS
2002-2004 Y 2017-2019



Fuente: Elaboración propia, en base a datos de BACI, CEPIL.

Es decir que, durante el período bajo análisis, se ha observado un proceso de especialización desde el segmento 1 hacia segmentos 3 y 4 en Argentina con gran dependencia de las compras brasileñas, mientras que Brasil ha mantenido su especialización en el segmento 1 con una participación creciente de Estados Unidos entre sus principales compradores.

Las observaciones anteriores se refuerzan con el análisis de los resultados de la descomposición en el segundo nivel. En la tabla 2 se presenta la descomposición del efecto escala y del efecto competitivo, permitiendo obtener datos de relevancia y cuestiones de interés.

En primer término, se confirma que el principal responsable del leve crecimiento de las exportaciones argentinas y del gran aumento de las exportaciones brasileñas ha sido el crecimiento del mercado internacional. Este dato se puede observar en la magnitud del efecto crecimiento agregado del efecto escala observado en cada uno de los segmentos.

TABLA 2
 SEGUNDO NIVEL DE DESCOMPOSICIÓN DEL CRECIMIENTO DE LAS EXPORTACIONES DEL COMPLEJO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA ARGENTINO Y
 BRASILEÑO (2002/03/04 vs 2017/18/19).

ARGENTINA										
BRASIL					Promedio 2002/03/04 vs. Promedio 2017/18/19					
Promedio 2002/03/04 vs. Promedio 2017/18/19					Cuotas de mercado promedio					
Segmento	Mundo	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Mundo	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
1	0.0198	0.0242	0.0119	0.0381	0.0048	0.0008	0.0002	0.0022	0.0008	0.0000
2	0.0139	0.0146	0.0075	0.0264	0.0073	0.0008	0.0011	0.0004	0.0016	0.0000
3	0.0169	0.0061	0.0081	0.0511	0.0024	0.0019	0.0012	0.0027	0.0034	0.0002
4	0.0053	0.0029	0.0061	0.0105	0.0018	0.0007	0.0001	0.0016	0.0011	0.0002
Descomposición										
	Crecimiento importaciones mundiales	Crecimiento Exportaciones brasileras	Efecto escala		Efecto competitivo	Efecto de segundo orden	Crecimiento importaciones mundiales	Crecimiento Exportaciones argentinas	Efecto escala	Efecto de segundo orden
1	1.2883	1.5168	1.3934	-0.0004	0.1238	1.2957	-0.9315	1.0003	-0.9719	-0.9599
2	1.4091	2.2968	1.3868	0.1444	0.7657	1.4255	3.1008	1.2280	0.3084	1.5644
3	1.7875	0.9342	2.4214	-0.4194	-1.0679	1.7881	2.4516	1.8889	0.1408	0.4218
4	1.4967	1.0186	1.2546	-0.0781	-0.1578	1.4929	0.4447	1.0888	-0.3019	-0.3421
general	1.4435	1.3377	1.3716	-0.0673	0.0334	1.4450	0.0841	1.1484	-0.5282	-0.5361
Efecto Escala										
	Efecto Crecimiento Agregado	Efecto Mercado	Efecto Crecimiento Agregado	Efecto Mercado	Efecto de segundo orden	Efecto Crecimiento Agregado	Efecto Mercado	Efecto Crecimiento Agregado	Efecto Mercado	Efecto de segundo orden
1	1.2883	0.1050	1.2883	-1.2888	0.1238	1.2957	-0.2954	-0.9702	-0.0017	-0.9599
2	1.4091	-0.0223	1.4091	-1.2648	0.7657	1.4255	-0.1976	0.6907	0.8650	1.5644
3	1.7875	0.6339	1.7875	-2.2069	-1.0679	1.7881	0.1008	0.2380	-0.0971	0.4218
4	1.4967	-1.5748	1.4967	-1.5748	-0.1578	1.4929	-0.4041	-0.4204	0.1186	-0.3421

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de BACI, CEPII

El efecto competitivo es negativo en términos generales y en algunos segmentos en particular. Resulta interesante observar que a Argentina le fue peor en el segmento 1 que es el segmento en el que mayor interés ha mostrado Brasil, mientras que a Brasil le ha ido peor en el segmento 3 que es aquel en el que le ha ido mejor a Argentina. Esta observación anuncia un posible patrón de especialización intraindustrial regional.

El crecimiento de las exportaciones argentinas con respecto al segmento 1, referente de los distintos tipos de tractores, cayó en un 93%. En cuanto a los mercados abastecidos para estos productos, se destaca el grupo de países B, aunque con una cuota insignificante (0.02%). Al momento de analizar los efectos de segundo orden, se puede observar que el segmento 1 tuvo un aporte negativo al desempeño exportador mediante el efecto competitivo que equivale al -96%.

Dichos resultados van muy de la mano con lo obtenido en el segmento 4, referente al conjunto de implementos agrícolas disponibles en el mercado en cuestión, ya que, acaparó tan solo el 44% del crecimiento de las exportaciones argentinas y una disminuyó un 34% en su competitividad. En concordancia con el segmento anteriormente analizado, en este también logran destacarse el grupo de países B y C como los principales mercados abastecidos.

En discrepancia con lo anterior, los segmentos 2 y 3 presentan un importante aumento en sus exportaciones, aproximadamente un 300% y 245%, respectivamente. En cuanto a los países que se destacan en el primero, son los pertenecientes a los grupos C y A. Mientras que, en el segmento 3 se destacan los grupos C (0.34%), en primer lugar y, luego el B (0.27%). Resulta importante destacar el efecto competitivo de ambos segmentos, ya que el segmento 2 logró posicionarse como el de mejor desempeño con un 30%, seguido del segmento 3 con un 14%.

Si comparamos los resultados obtenidos en Argentina con los de su socio comercial. A pesar de que resulta evidente la especialización en diferentes segmentos, Brasil mostró crecimiento significativo en el volumen de exportaciones en cada uno de los segmentos. Al igual que Argentina, se destaca el segmento 2 con el mayor aporte al crecimiento de las exportaciones brasileñas (229%). A lo que se suma que es el único que no perdió mercado en términos competitivos (14%).

En cuanto a los mercados abastecidos de estos productos (incluidos en el segmento 2), se destaca el grupo de países C y A, con una cuota del 2.6 y 1.4%, respectivamente. Al momento de analizar los efectos

de segundo orden, se puede observar que el segmento 3, referente a todo tipo de maquinaria agrícola diferente de tractores y cosechadoras, perdió una importante proporción de su competitividad (41.9%) y el grupo de países afectado fue el C.

CONSIDERACIONES FINALES

Tanto Argentina como Brasil se especializan en productos disímiles en función de demandas específicas. Argentina ha intentado ubicarse entre los principales productores del complejo, al igual que su socio comercial, en un contexto que les ha sido favorable en términos de crecimiento de la demanda internacional. Sin embargo, muestra una clara desventaja competitiva con respecto a otros proveedores del complejo y respecto a su socio regional. Brasil también ha mostrado problemas en términos competitivos. De todas formas, existe una diferencia relevante a su favor en términos de participación de mercado en cada uno de los segmentos. El estudio realizado de cuota de mercado constante ha permitido constatar ambas situaciones.

El primer resultado relevante se refiere a los cambios en la especialización argentina y a la brasileña. Mientras que en el primer caso se ha dirigido hacia los últimos segmentos (otras maquinarias e implementos), Brasil mostró una orientación hacia los primeros (tractores y cosechadoras). De todas formas, el mejor desempeño comercial lo han tenido ambos países en el segmento 2 (cosechadoras), tanto por empuje de demanda como por desplazamientos favorables de la competencia.

Los esfuerzos argentinos por posicionarse en los segmentos 1 (tractores) y 4 (implementos) han sido contraproducente, porque ha afectado su desempeño comercial. Esto se pudo apreciar con los signos negativos y magnitudes significativas en los efectos de segundo orden. A Brasil le ha ocurrido lo mismo en los segmentos 3 (otras maquinarias) y 4 (implementos). Con lo cual, se abre un interrogante sobre las posibilidades de Argentina de posicionarse en el segmento 2 disputado con Brasil, y la evolución que tendrán los segmentos 3 en Argentina y 1 en Brasil.

La particular estructura del mercado en el período bajo análisis resultó favorable en términos de escala, pero desfavorable en términos competitivos. Tal y como expuso Langard (2014) el tractor es el producto dentro del complejo de maquinaria agrícola que, debido a su carácter poco específico, permite mayor penetración en una gran

variedad de mercados. Por lo que, la elección del segmento de tractores probablemente le haya permitido a Brasil un despliegue mayor de su capacidad de producción que la alcanzada por Argentina. Permitiéndole, además, insertarse en mercados distintos a los alcanzados por Argentina, como el caso de Estados Unidos. Las ventajas de que Brasil acceda a los mercados norteamericanos (acaparando un 36% del total de las exportaciones brasileñas) le permitió desplegar un crecimiento mayor al de Argentina. A su vez, se observó un desplazamiento desfavorable de los productos argentinos en el mercado brasileño, pero una creciente demanda mexicana por productos argentinos.

Se verificaron ambas hipótesis. El desempeño comercial no es homogéneo en términos de los segmentos de productos exportados, y Brasil se ha consolidado como exportador de mercados y segmentos dinámicos. De todas formas, no se puede concluir que Brasil represente un freno al posicionamiento externo del complejo argentino, en vista que Argentina ha mostrado un mejor desempeño comercial (aunque con menor participación inicial de mercado) en el segmento 2 (cosechadoras) que es disputado por ambos países.

Finalmente, el leve crecimiento de las exportaciones argentinas en los últimos años se debió a incrementos coyunturales de la demanda local y a la expansión de la demanda mundial. Esto difiere, de acuerdo a la literatura, de lo que se puede ver en Brasil, más en concordancia con una tendencia de largo plazo, aunque con claras dificultades competitivas. De todas formas, el escenario ha cambiado recientemente tanto en el ámbito local como en el internacional, y sus efectos netos son difíciles de predecir. Por un lado, la disputa entre el gobierno argentino y el sector agropecuario con respecto a las políticas fiscal y cambiaria abrió un nuevo capítulo recientemente, y esto puede ralentizar el proceso de ganancias de escala y, por consiguiente, la expansión del complejo.

Por otro lado, la invasión rusa a Ucrania, país con grandes extensiones cultivables y exportador significativo de maquinaria agrícola, representa una oportunidad para Argentina de abrir nuevos mercados o disputar mayores cuotas en los mercados abastecidos con maquinaria ucraniana. Mientras el primero de los fenómenos imprime una dinámica contractiva, la dinámica del segundo es expansiva. La evolución reciente del complejo parece indicar que no habría un problema de capacidad productiva como para aprovechar el momento. Sin embargo, es la política actual del gobierno argentino la que podría afectar esa posibilidad.

REFERENCIAS

- Ahmadi-Esfahani, Fredoun (2006). Constant market shares analysis: uses, limitations and prospects. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 50 (4), 510-526. <https://core.ac.uk/download/pdf/6627379.pdf>
- Albornoz, Ignacio, Bisang, Roberto y Anlló, Guillermo (2010). La cadena de valor de la maquinaria agrícola argentina: estructura y evolución del sector a la salida de la convertibilidad. *Documento de proyecto*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3770/S2010321.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (2020). *Anuário da indústria automobilística brasileira*. <https://anfavea.com.br/anuario2020/anuario.pdf>
- Bekerman, Marta y Dalmasso, Gonzalo (2014). Políticas productivas y competitividad industrial: El caso de Argentina y Brasil. *Brazilian Journal of Political Economy*, 34(1), 158-181. <https://tinyurl.com/2bddhta6>
- Bil, Damián (2009). *La industria argentina de maquinaria agrícola (1870-1975): evolución y problemas de su desarrollo*. Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales. <http://iigg.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/22/2019/11/ji16.pdf>
- Bil, Damián (2017). Análisis de la Producción y del Comercio de Maquinaria Agrícola Argentina en la Competencia Regional (2002-2014). *tiempo & economía*, 4 (1), 101-124. <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/TyE/article/view/1186/1216>
- Bouzas, Roberto y Cabello, Sebastián (2007). *La formulación de la política comercial en la Argentina: fundamentos estructurales e institucionales de la volatilidad*. En Marcos Sawaya Jank y Simão Davi Silber (coordinadores). Políticas comerciales comparadas: Modelos organizacionales y su desempeño. Editora Singular.
- Calaza, Hernando (2019). Así fueron los 100 años de FIAT en Argentina. *Autocosmos*. <https://noticias.autocosmos.com.ar/2019/05/23/asi-fueron-los-100-anos-de-fiat-en-argentina>
- Cámara Argentina de Fabricantes de Maquinaria Agrícola, CAFMA. (2021). La industria de maquinaria agrícola argentina. Estructura, evolución 2002-19 y perspectivas. <https://tinyurl.com/37upc3cf>
- CEPII, Centre d'Études Prospectives et d'Informations Internationales. Datos recuperados de http://www.cepii.fr/CEPII/en/bdd_modele/bdd_modele_item.asp?id=37
- Cicare, Adriana (1998). *Competitividad y asimetrías en el sector de implementos agrícolas: una óptica argentina*. Actas de Jornadas Anuales – Terceras: 23 y 24-10. FCEyE, Universidad Nacional de Rosario. <https://tinyurl.com/5n94m9tm>

- Cohen Arazi, Marcos y Kuhn, Fernando (2020). A contramano del resto de la industria, las maquinarias agrícolas tienen un gran 2020. *Revista Novedades Económicas*, 43 (1043). <https://tinyurl.com/57n6yavm>.
- Comelli, Marcelo (2012). Cadena de maquinaria agrícola región centro. *Consejo Federal de Inversiones, Consejo Económico Provincia de Santa Fe*. <http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2012/01/49238.pdf>
- Fagerberg, Jan y Sollie, Gunnar (1987). The Method Of Constant Market Shares Analysis Reconsidered. *Applied Economics*, 19 (1), 1571-1583. <https://www.sv.uio.no/tik/InnoWP/archive/wpno001-1987.pdf>
- Garfinkel, Florencia (2019). *Informes de cadenas de valor. Maquinaria agrícola*. Secretaría de Política Económica, Subsecretaría de Programación Microeconómica. Buenos Aires, Ministerio de Economía de la Nación Argentina. <https://tinyurl.com/5n6pynp7>
- Gaulier, Guillaume y Zignago, Soledad (2010). *BACI: International Trade Database at the Product-Level. The 1994-2007 Version. Working Paper, N°2010-23*. CEPII. http://www.cepii.fr/pdf_pub/wp/2010/wp2010-23.pdf
- González, Germán (2019). *Algunas notas para vincular coherentemente los conceptos competitividad, productividad, tipo de cambio real y desempeño exportador. Documento de Trabajo N° II*. Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur, Bahía Blanca, Argentina. <https://tinyurl.com/u8zh8n68>
- González, Germán, Valls, Leticia y Picardi, Susana (2013). Desempeño competitivo argentino reciente en el mercado internacional de aceite de oliva. *Revista de Economía Agrícola-Journal of Agricultural Economics*, 60 (1), 41-51. <http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/publicar/rea2013-1/real1-1-06f4.pdf>
- Herrmann, Carlos y Zappettini, Eduardo (2014). *Recursos minerales, minería y medio ambiente*. SEGEMAR. Buenos Aires. <https://tinyurl.com/3fhhtwr>
- INDEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2020). Informe de la industria de la maquinaria agrícola. *Informes técnicos*, 4 (148). <https://tinyurl.com/3ajhf2mu>
- Langard, Federico (2011). La industria de maquinaria agrícola en Argentina frente a la estructura sectorial del mercado internacional. *Geografican-do*, 7(7), 167-185. <https://tinyurl.com/3584s6ap>
- Langard, Federico (2014). *Consolidación de cadenas globales de valor y desarrollo de clusters locales: el caso de la maquinaria agrícola en Argentina*. [Tesis de doctorado]. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. <https://tinyurl.com/2p8etj4v>
- Lavarello, Pablo, Goldstein, Evelin y Hecker, Julián (2010). Lineamientos para un cambio estructural de la economía argentina. Desafíos para el bicentenario. 2do. Congreso Anual de AEDA, 20 y 21 de septiembre, 2010.

- Ramírez, Micaela (2021). Análisis del desempeño exportador del sector vinícola argentino. *Revista Faces*, 27(56),9-29. <http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/3528/1/FACES-56-ramirez.pdf>
- Schlosser, José y Mogorrón, Heliodoro (4 de agosto de 2020). *Mecanización de la agricultura en Brasil, una visión hispano-brasileña. (Parte I: el agro-negocio y la agricultura brasileña). El blog de maquinaria de la revista Agricultura*. <http://www.masquemaquina.com/2020/08/mecanizacion-de-la-agricultura-en.html>
- Schlosser, José y Mogorrón, Heliodoro (13 de agosto de 2020). *Mecanización de la agricultura en Brasil, una visión hispano-brasileña. (Parte II: el mercado brasileño de maquinaria agrícola hoy). El blog de maquinaria de la revista Agricultura*. http://www.masquemaquina.com/2019/11/mecanizacion-de-la-agricultura-en_18.html
- Türkekul, Berna, Günden, Cihat, Abay, Canan y Miran, Bülent (2010). Competitiveness of Mediterranean countries in the olive oil market. *New Medit: Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment*, 9(1), 41-46. <https://tinyurl.com/655jnm4j>
- Vitanzi, Gabriel (2013). *Mercado de maquinaria agrícola en Brasil: Posicionamiento competitivo de la industria argentina de Sembradoras. Oportunidades de negocios: Análisis de viabilidad y Estrategias a aplicar*. [Tesis de maestría en Administración de empresas]. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fé, Argentina. <https://tinyurl.com/386dte7d>



ECONOMÍA ACTUAL

Revista de Análisis de Coyuntura
Económica

Nuevo número
Año 16, No. 3



Ya disponible

Escanea el código
para descargarlo

Síguenos en Facebook y mantente al pendiente de nuestras
publicaciones



CICE Facultad de Economía UAEMex

Public Debt and Economic Growth Nexus in Latin America: A Retrospective Appraisal*

ALEJANDRO D. JACOBO**
ILEANA R. JALILE***

ABSTRACT

In this paper, we examine the effect of public debt on Gross Domestic Product (GDP) in 15 Latin American economies (Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Dominican Republic, Honduras, Mexico, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Uruguay and Venezuela) for the period 1960-2015. The short-run impact of debt on GDP growth is positive, but it is closer to zero beyond public debt-to-GDP ratios between 64% and 71% (i.e. up to this threshold, additional debt has a stimulating impact on growth). In the long run, the threshold is between 95% and 97%.

Keywords: Macroeconomics, public debt, economic growth, institutions, Latin America.

JEL Classification: E62, H63, O40, O54.

* The authors would like to thank two referees for their valuable remarks. Financial support from Universidad Nacional de Córdoba is gratefully acknowledged. Part of this research was carried out when Alejandro D. Jacobo visited the ICAE at Universidad Complutense de Madrid, Spain.

** Instituto de Economía y Finanzas (FCE) and Centro de Investigaciones en Ciencias Económicas (CIECS-CONICET), Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Correo electrónico: jacoboa@eco.unc.edu.ar. ORCID: 0000-0002-1424-4124.

*** Instituto de Economía y Finanzas (FCE), Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Correo electrónico: ileana.jalile@unc.edu.ar.

RESUMEN

La relación entre deuda pública y crecimiento económico en América Latina: una evaluación retrospectiva

En este artículo se examina el efecto de la deuda pública sobre el Producto Interno Bruto (PIB) en 15 economías latinoamericanas (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay and Venezuela) para el período 1960-2015. El impacto a corto plazo de la deuda en el crecimiento del PIB es positivo, pero próximo a cero más allá de la razón de deuda pública/PIB ubicados entre 64% y 71% (es decir, hasta este umbral, la deuda adicional tiene un impacto estimulante en el crecimiento). A largo plazo, el umbral está entre el 95% y el 97%.

Palabras clave: Macroeconomía, deuda pública, crecimiento económico, instituciones, América Latina.

INTRODUCTION

The cornerstone of the relationship between public debt and Gross Domestic Product (GDP) is the conventional opinion that in the shortrun GDP is determined by demand and government debt can effectively exert a positive effect (Elmendorf and Mankiw, 1999). This shortrun effect turns out to be significant when output is far from capacity. However, in the long-run public debt may displace (crowds out) investment and harm growth by raising interest rates (Baldacci and Kumar, 2010).

Not long ago, the empirical literature analyzing whether or not public debt is growth-enhancing have experimented a revival in the euro area (Baum et al., 2013; Dreger and Reimers, 2013; Checherita-Westpal and Rother, 2012). According to Gómez and Sosvilla (2017), this interest has been fueled by the substantial wakening of public finances in different economies as a result of the 2008 financial crisis. The crisis has also revitalized arguments signaling whether or not policymakers should implement expansionary fiscal policies. On the one hand, fiscal austerity may have been the main culprit for the unnecessary recessions experienced by some countries (Berg and Ostry, 2011; DeLong and Summers, 2012). On the other hand, a high level of public sector leverage has a negative effect on economic growth, and fiscal consolidation is fundamental to improve expectations about the future evolution of the economy (Cochrane, 2011; Teles and Mussolini, 2014).

As to Latin America, the issue on debt-growth nexus is particularly relevant. Public debt almost doubled its volume from the 1970s onwards amounting 2.41 trillion US dollar in 2020 but without a clear effect on GDP (CEPAL, 2021). It is important to note that diverse political viewpoints related to the debt burden and sovereign past debt crisis have also stimulated an intense discussion on the effectiveness of fiscal policies as well as the possible adverse consequences of public debt accumulation. Despite the relevance of this debate, however, to our knowledge no effort has yet been made to empirically analyze the effect of debt on economic growth in Latin America as we do.

In this study, we focus on the relationship between gross public debt and GDP for fifty years in a group of 15 Latin American countries, namely Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Dominican Republic, Honduras, Mexico, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Uruguay and Venezuela. We exclusively focus our attention on a regional sample and, unlike previous efforts, we also extend the period of analysis to half a century. Another novelty in our study is the introduction of an institutional variable during the whole period to test the impact of Latin American democratic governments on the relationship in the short and in the long-run. To our knowledge, all these features make a unique contribution to the literature.

The rest of the paper is organized as follows. In section 1 we provide an overview of the literature on the effect of debt on GDP. In section 2 we estimate a direct relationship between gross public debt and growth using a simple approach. In section 3, we conclude.

1. LITERATURE OVERVIEW

The theoretical basis of the relationship between public debt and GDP is the belief that in the short-run GDP is determined by the demand and the public debt can effectively have a positive effect on the economy.¹ In the Investment-Savings and Liquidity Preference-Money Supply (IS-LM) framework, this expectable short-run effect turns out to be significant when output is far from capacity. If this is case, an increase in the budget deficit raises disposable income. The corresponding

¹ For further details on the theoretical literature on debt and growth nexus see Checherita- Westphal and Rother (2012) among other authors.

increase in income boosts the aggregate demand for goods and services thus generating an augment in the GDP.

However, things seem to be different in the long-run where more debt-financed government budget may displace private investment and harm growth by raising the interest rates. In fact, higher long-term interest rates can crowd-out private investment, thus dampening potential output growth (Baldacci and Kumar, 2010). In this case, a reduction in public savings (due to a higher budget deficit) is not compensated by an increase in private ones, so national savings will decline and total investment will inevitably fall (Modigliani, 1961; Diamond, 1965).² Additionally, under these circumstances, net exports may fall due to a significant appreciation of the exchange rate. Moreover, if government debt is associated with higher inflation, this may also act as a drag on growth, as various Latin American economies have demonstrated. Cochrane (2011) argues that the negative effect of a higher public debt level on growth can be relatively important if higher debt enhances uncertainty and expectations of a higher inflation.

Supporters of the opposite position (i.e. that there is always a positive relationship between the public deficit and economic growth) argue that an increase in government spending inevitably raises future debt, but not by an equal amount. Higher spending raises GDP and it leads to higher revenue, which offsets a significant fraction of the initial outlay (Krugman, 2009). Besides, in a world dominated by expectations, the main determinant of private investment is the state of the economy. As a consequence, anything that improves that state (fiscal stimulus included in this case) leads to more investment and hence raises the economy's future potential without a role for a crowding-out effect.

A third interesting viewpoint is that the public debt and economic growth nexus is neutral since the acquired level of government debt is repaid through future taxes (Barro, 1989). Under this theory, an individual would be more attracted to save at the present by purchasing government issued stocks and sacrifice consumption in order to pay for future taxes.

² Apart from this direct crowding-out effect, Modigliani also points out to that "if the government operation is of sizable proportions it may significantly drive up (long-term) interest rates since the reduction of private capital will tend to increase its marginal product" (Modigliani, 1961; p. 739). As to Diamond (1965; p. 1126), he indicates that, through the impact of taxes that are necessary to finance the interest payments, public debt reduces the available lifetime consumption of taxpayers as well as their saving, and thus the capital stock.

As probably inferred by the reader, in theoretical literature, there is a variety of positions regarding this phenomenon. Some views assume a negative relationship between debt and economic growth, while other opinions show that debt has a positive or null impact on growth.

As to this point, an idea that has strongly guided the literature is that there can be thresholds in the public-debt-to-GDP ratio beyond which growth is substantially reduced. While this literature is relative scarce, it has gained significance over the years.

Despite the shortage of studies, however, two important issues must be highlighted. The first one is that the existing literature mainly focuses on the direct effect of debt on growth, rather than on the channels of this effect. The second one is that the results are far from being convincing, as we shall briefly summarize.

In a seminal study, Reinhart and Rogoff (2010) show that public debt as a share of GDP may have a detrimental effect on the rate of growth. They find that the relationship between public debt and growth can be represented by an inverted U-shaped pattern (i.e. whilst low levels of public debt positively affect economic growth, high levels have a negative impact). They use a dataset of 44 countries over 200 years and suggest a weak relationship for public debt ratios below 90% of GDP, but the growth rates decrease substantially above this threshold.³

As to the 90% ratio, Herndon *et al.* (2013) identify some methodological mistakes in the work of Reinhart and Rogoff. We are not going into details regarding their drawbacks here.⁴ However, it may be noted without straying too far afield from our major focus that after correcting for errors the debt-to-GDP ratio threshold seems to be above 120% (i.e. much higher than the 90% determined by Reinhart and Rogoff). In words of those authors, “the full extent of those errors transforms the reality of modestly diminished average GDP growth rates for countries carrying high levels of public debt into a false image that high public debt ratios inevitably entail sharp declines in GDP growth” (Herndon, *et al.*, p.14).

Despite the mistakes, Reinhart and Rogoff’s paper has been important and stood the test of time. This is probably due to the fact that

³ In a previous attempt, Schclarek (2005) does not find any support for an inverted U-shape relationship between debt and growth for industrial economies. As to developing countries, he finds that lower total external debt levels are associated with higher rates of growth.

⁴ See Herndon, Ash and Pollin (2013) for further details.

the study was available in the middle of a debate trying to determine whether fiscal expansion or consolidation was the best policy response to global the financial crisis. In this direction, their findings have seemed to serve as an academic safeguard in support of austerity policies.

Since Reinhart and Rogoff's influential paper there have been several empirical studies trying to identify and to explain the negative nonlinear relationship between public debt and growth for a group of countries. Most of these studies tends to confirm a turning point beyond which economic growth slows down.

In fact, covering a mix of advanced and emerging market economies for almost four decades, Kumar and Woo (2010) finds a turning point at 90% of debt-to-GDP ratio. Their empirical results suggest an inverse relationship between initial debt and subsequent growth after controlling for other determinants. On average, a 10-percentage point increase in the initial debt-to-GDP ratio is associated with a slowdown in annual real per capita GDP growth of around 0.2 percentage points per year (with the impact being somewhat smaller in advanced economies).

Along this line, Cecchetti *et al.* (2011) estimate a threshold of 85 percent of debt-to-GDP ratio for a panel of 18 OECD countries beyond which government debt is harmful for growth, while Checherita-Westphal and Rother (2012) report analogous results for a set of euro area countries over a period of 40 years. Likewise, Baum *et al.* (2013) focus on 12-euro area countries for the period 1990-2010 and detect a similar threshold by employing a dynamic approach (the short-run impact of debt on per capita GDP growth is positive but it decreases to zero beyond ratios of 67%, and for ratios above 95% additional debt has a negative impact).

However, Caner *et al.* (2010) and Elmeskov and Sutherland (2012) show that the turning point is probably lower (77% for a set of 77 countries and 66% for a dozen of OECD countries respectively). Similarly, Panizza and Presbitero (2013) argue that a negative correlation between debt and growth does not imply causality, as lower growth can result in a higher public debt to GDP ratio. Nevertheless, the results are consistent with the existing literature that has found a negative correlation between debt and growth.

In an additional effort to improve previous studies, Dreger and Reimers (2013) base their analysis on the distinction between sustainable and non-sustainable debt periods. Their thresholds are theory-based

and depend on the macroeconomic framework. They conduct the analysis using annual data for 12-euro area members and find that the negative impact of the debt-to-GDP ratio on growth is limited to periods of non-sustainable public debt.

In an interesting study that only covers the period 1970-2010, Calderón and Fuentes (2013) test whether public debt hinders growth and explore if economic policy ameliorates this effect. Their results reveal a negative and robust effect of public debt on growth. Among other findings, an enhanced policy environment and its interaction with public debt has helped to explain the improved growth performance of industrial and developing countries for the years 2001–05 compared to the years 1991–95.

These preceding studies are somewhat unified and extended by Antonakakis (2014) who explores the role of theory-driven (non-) sustainable debt-ratios in combination with debt-ratio thresholds on economic growth. Based on both dynamic and non-dynamic panel data analyses in the 12-euro area countries over the period 1970-2013, he finds that non-sustainable debt-ratios above the 60% threshold have a detrimental effect on short-run economic growth, while sustainable debt ratios below the 90% threshold exert a positive influence on short-run economic growth. In the long-run, both non-sustainable and sustainable debt-ratios above the 90% threshold as well as non-sustainable debt-ratios below the 60% compromise economic growth.

However, no single threshold seems to be right for all countries or at all times. Using total public debt data from 118 developing, emerging and advanced economies over the period 1960 to 2012, Eberhardt and Presbitero (2015) argue that there is no evidence for a common debt threshold for all countries over time. They find that long-run debt coefficients differ across countries and provide evidence that countries with higher average debt-to-GDP ratios are more likely to see a negative effect on their long-run growth performance.

Moreover, Égert (2015) also presents evidence suggesting that 90% is not a magic number because the threshold may be lower and the nonlinearity may change across different samples and specifications. The author shows that finding a negative nonlinear relationship between the public debt-to-GDP ratio and economic growth is extremely difficult and sensitive to modelling choices and data coverage. In the very rare cases when nonlinearity *à la* Reinhart and Rogoff can be detected the

negative correlation kicks in at very low levels of public debt (between 20% and 60% of GDP).

To our knowledge, the latest analysis on debt-to-growth relationship for the EU is the study of Gómez and Sosvilla (2017), who examine the causal effect between debt and growth in a sample of eleven European countries. The authors find that public debt has a negative effect on growth from an endogenously detected breakpoint and above a threshold varying between 56% and 103% according to the country.

Finally, as to Latin America, hardly any empirical studies have examined the topic for the region solely. Most of the studies on debt-to-growth nexus include some Latin American countries in a heterogeneous set of economies and they frequently do so for a short period of time. The exception to this rule is the work of Jacobo and Jalile (2017) who explore the impact of government debt on GDP for Latin American economies over a period of fifty years. The short-run impact of debt on GDP growth is positive, but decreases to zero beyond public debt-to-GDP ratios of 67% (i.e. up to this threshold, additional debt has a stimulating impact on growth). However, the analysis is not extended for the long-run as we shall do in this study.

2. ESTIMATIONS AND RESULTS

Following Baum *et al.* (2013) and Checherita-Westphal and Rother (2012), we firstly analyze the impact of one-year lagged debt-to-GDP ratios on annual real GDP per capita growth rates and we obtain a near of the short-term debt effect. Hence, a positive impact of debt on growth could be interpreted as a stimulating effect of additional debt. Secondly, we consider the long-term effects of debt on the GDP. Our empirical growth model is based on a conditional convergence equation that relates the GDP per capita growth rate to the initial level of income per capita, the investment/saving-to-GDP rate and the population growth rate. The model is augmented to include the level of gross government debt (as a share of GDP).

Our set of countries covers Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Dominican Republic, Honduras, Mexico, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Uruguay and Venezuela. This is a less heterogeneous sample in the sense that we only consider developing economies from Latin America, but we do not pretend the countries to

be alike. As in most of the studies, our selection does not solve problems derived from things that can be different from each other.⁵

We use a quadratic equation in debt since we are interested in checking whether there exists a non-linear impact of government debt on growth. Other control variables include: (i) variables measuring the economic openness; (ii) a variable signaling the existence of democratic governments; and (iii) policy environment variables.

For the economics openness variables (i) we use the real exchange rate and the sum of export and import shares in GDP to expand the model beyond a closed-economy form. As to the democratic government indicator (ii), we test the impact of the presence of democratic governments on growth.⁶ We turn to the common claim that the lack of democracy becomes a particularly powerful constraint on economic growth for countries with low levels of development (Aghion *et al.*, 2008). The last group of variables (iii) involves price stability and we measured it as inflation rate.⁷

The basic equation for our estimation is as follows:

$$g_{i,t} = \alpha + \beta_1 debt_{i,t-1} + \beta_2 debt_{i,t-1}^2 + \phi gdppc_{i,t-1} + \gamma gfk_{i,t-1} + \delta pop_{i,t-1} + \kappa (other_controls) + \mu_t + v_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

where $g_{i,t}$ is the growth rate of GDP per capita; $debt_{i,t}$ is gross government debt as a share of GDP; $gdppc_{i,t}$ is the initial level of GDP per capita; $gfk_{i,t}$ is investment rate (proxied as gross fixed capital formation) as a share to GDP; $pop_{i,t}$ is population growth rate; *other_controls* include real exchange rate, economic openness, democratic government indicator and inflation rate; μ_t is country fixed effects; v_t is time fixed effects; and $\varepsilon_{i,t}$ is the error term.

⁵ In fact, Brazil has a long history of domestic public borrowing (Summerhill, 2015), while small Central American nations lack a sizable domestic financial sector. Argentina defaulted its debt several times, while Colombia did not. The fiscal capacity of each country (the ratio between tax and GDP) is much higher in Brazil and Argentina than in oil-dependent countries such as Venezuela and Mexico. The list of dissimilarities among countries could go on. However, in the literature, the authors regularly disregard this kind of differences within countries selected for their studies and some problems derived from heterogeneity may arise. As usual, the availability and reliability of the data constitute two important restrictions in order to overcome the differences.

⁶ We follow Loayza *et al.* (2005).

⁷ We also consider country-fixed effects to control for the country-specific characteristics. The country dummies capture economic and social features for each country that remain unchanged over time. In addition, we also include year dummies to control for common shocks across countries.

The series for our estimation comes from the World Development Indicators and the International Financial Statistics databases and cover the period 1960-2015.⁸ As to democratic government indicator, there is no fully satisfactory measure of the regime type (Munck and Verkuilen, 2002), and the options are considerably reduced when one requires a measure for a large sample of countries over a long period of time. A measure with broad historical coverage is the “Polity2” variable from the Polity IV Dataset (Marshall and Jaggers, 2000). This variable measures the extent to which democratic or authoritarian government (“authority patterns”) are institutionalized in a given country. It considers how the executive is selected, the degree of checks on executive power, and the form of political competition.

In our baseline model, we evaluate the short-term effects of public indebtedness on economic growth, so the dependent variable is the growth rate of the GDP per capita of the same year. In our subsequent models, to analyze the impact of long-term effects of public indebtedness we have considered as dependent variable the 5-year cumulative overlapping growth rate.

The basic estimation technique is panel fixed-effects corrected for heteroskedasticity and autocorrelation. The results across various models are presented in Table 1. We consider the strong potential for endogeneity of the debt variable, especially reverse causation (low or negative growth rates of per-capita GDP are likely to induce higher debt burdens).⁹

As stated in Hiebert *et al.* (2002), in a panel context many studies on growth regressions have made use of the instrumental variable (IV) approach to deal with the issue of simultaneity bias. We use the General Methods of Moment (GMM) estimators. With the GMM estimators we also correct for the possible heteroskedasticity and autocorrelation in the error structure by using the consistent estimator. The two-step GMM provides some efficiency gains over the traditional IV/2-SLS estimator derived from the use of the optimal weighting matrix, the overidentifying restrictions of the model, and the relaxation of the independent and identical distribution (i.i.d.) assumption (see Baum *et al.*, 2013).

⁸ The availability and reliability of some variables for different countries restrict our analysis to 2015.

⁹ Data on correlation among control variables as well as robustness check tests can be requested to the authors.

TABLE 1
PUBLIC DEBT AND ECONOMIC GROWTH: PANEL FIXED EFFECTS REGRESSION MODELS

Variables	Annual growth rates					Cumulative 5-year overlapping growth rate				
	Model (1)	Model (2)	Model (3)	Model (4)	Model (6)	Model (7)	Model (8)	Model (9)		
ln(gdppc)	-5.884*** (1.747)	-6.463*** -1.819	-5.148*** (1.771)	-5.703*** -1.838	-42.65*** (4.514)	-44.22*** (4.544)	-42.68*** (4.597)	-43.89*** (4.598)		
debt	0.115*** (0.0351)	0.117*** -0.0369	0.116*** (0.0348)	0.124*** -0.037	0.187** (0.0882)	0.216** (0.0921)	0.190** (0.0873)	0.218** (0.0915)		
debt ²	-0.000811*** (0.000196)	-0.0008203*** -0.000205	-0.000828*** (0.000196)	-0.000865*** -0.0002061	-0.000980** (0.000480)	-0.00111** (0.000497)	-0.000996** (0.000477)	-0.00113** (0.000497)		
openness	-0.0103 (0.0147)	-0.0088 -0.01495	-0.0120 (0.0146)	-0.0134 -0.0149	-0.0393 (0.0359)	-0.0457 (0.0359)	-0.0388 (0.0360)	-0.0479 (0.0360)		
grtf	-0.262*** (0.0544)	-0.2408*** -0.0555	-0.259*** (0.0541)	-0.237*** -0.0553	-0.701*** (0.128)	-0.696*** (0.128)	-0.702*** (0.128)	-0.693*** (0.128)		
Pop	-0.927 (0.842)	-0.796 -0.8534	-1.175 (0.850)	-1.101 -0.864	0.999 (2.040)	1.187 (2.033)	0.983 (2.057)	1.092 (2.050)		
inflation	-0.0469** (0.0214)	-0.0454** -0.0222	-0.0368* (0.0215)	-0.0337* -0.0223	-0.231*** (0.0518)	-0.241*** (0.0523)	-0.233*** (0.0526)	-0.235*** (0.0527)		
polity2			0.102** (0.0451)	0.130** -0.049			-0.00794 (0.109)	0.0635 (0.115)		
real exchange rate		-0.00019 0.00017		-0.00033** 0.00017		-0.000902** (0.000424)		-0.000965** (0.000446)		
Cons	64.37*** (15.89)	64.37*** (15.89)	56.59*** (16.20)	60.46*** (16.77)	419.9*** (40.75)	433.9*** (41.03)	420.3*** (41.74)	430.2*** (41.73)		
Observations	463	463	448	448	425	425	425	425		
Debt TP	70.900	71.315	70.048	71.676	95.408	97.297	95.382	96.460		
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		
Year FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		

Standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Source: World Development Indicators, International Financial Statistics and Polity IV Dataset

We have also estimated the confidence intervals for each model turning point. Since the turning point is a non-linear combination (the ratio) of two estimated coefficients (debt and debt squared) the normal distribution 95% confidence intervals (CI) estimated for each coefficient cannot be used to compute the CI for the turning point. Consequently, we use the delta method to assess the statistical uncertainty surrounding the turning point estimates. This method is commonly applied to compute the standard error of non-linear functions for which it is difficult to analytically compute the variance (Vance, 2006).

The delta method basically expands a function of random variables (e.gr. the ratio) about its mean using (usually a one-step) Taylor approximation, and then computes the variance. Its accuracy depends on the degree of linearity of the derivative function at the evaluation point (Vance, 2006), i.e., it is a good Taylor approximation when the random variable has a high probability of being close enough to its mean. Therefore, the delta method assumes that the coefficients in the model are normally distributed, being influenced by the sample size (Hole, 2007).

The results across all models show a highly statistically significant non-linear relationship between the government debt ratio and the per-capita GDP growth rate for Latin American countries in the sample.¹⁰ The debt-to-GDP turning point of this concave relationship (inverted U-shape) is roughly between 64% and 71% for the sample across all models in the short-run. In the case of the long-run specification we have found a higher debt threshold between 95% and 97%.

As to openness indicators, we do not find any relevant influence of the real exchange rate in the debt-to-growth relationship. This result is consistent with our expectations.

Regarding to the open economy variables, the evidence in the literature is quite favorable to the short-run contractionary devaluations hypothesis. The evidence also suggests that in the long-run real devaluations will have no effect on output (Edwards, 1985).¹¹ Thus, in

¹⁰ As to the non-significance of the investment coefficient, recall that changes in factor accumulation do not closely track changes in economics growth. Much of the large variations of growth over time is not necessarily explained by much of the smaller variation in physical (and human) capital (Easterly and Levine, 2001, p. 196).

¹¹ This is not surprisingly because there are several theoretical reasons why a devaluation can produce a decline in real activity. See also Krugman and Taylor (1978) and Diaz-Alejandro (1965).

a region with a long history of sudden and large currency devaluations, we expect a negative effect of real exchange rate in the short-run disregarding its value and a nearly null one in the long-run.

Additionally, the relationship between openness and economic growth has long been a subject of much interest and controversy in the international trade literature. Chang, *et al.* (2005) point out that openness promotes the efficient allocation of resources and growth through comparative advantage, allows the dissemination of knowledge and technological progress and encourages competition in domestic and international markets.¹² However, some economists take the opposite position and argue that the effect of openness on growth is doubtful (Krugman, 1994; Rodrik and Rodríguez, 2001). These controversial theoretical findings also appear in the empirical literature. For example, Yanikkaya (2003) goes as far as to show that openness may actually not be good for growth. This author shows that trade barriers are positively and significantly associated with growth, especially for developing countries. We assume that if a country depends on economic conditions existing in other countries, its economic situation will be highly exposed to external shocks both in the short and in the long-run. This situation possibly leads to an erratic behavior of GDP in the country in question. Likewise, a high dependence on imports is likely to lead to a high degree of exposure to economic conditions in the rest of the world. Besides, protectionism has been a classical feature in Latin American countries since their independence with a doubtful effect on growth. Under these assumptions, we do not expect any sign in the coefficient.

Finally, the institutional variable is also statistically significant and it tends to highlight importance of democratic governments on economic growth rates in the short-run. However, in the long-run it is not the nature of a country's political system what determines the course of its economic growth.

CONCLUDING REMARKS

We investigate the impact of government debt on GDP in 15 Latin American economies, namely Argentina, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Dominican Republic, Honduras, Mexico,

¹² See also Winters (2004), and Easterly and Kraay (2000) among others authors.

Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Uruguay and Venezuela for a period of fifty years.

Our study finds a highly statistically significant non-linear relationship between the government debt ratio and the per-capita GDP growth rate for Latin American countries. The debt-to-GDP turning point of this concave relationship (inverted U-shape) is roughly between 64 and 71% on average in the short-run and across all models. This means that, on the average, government debt to-GDP ratios above this threshold would have a negative effect on economic growth (i.e. up to this threshold, additional debt has a stimulating impact on growth). In the long-run, this threshold is between 95% and 97%.

As to openness indicators, we do not find any relevant influence of the real exchange rate in the debt-to-growth relationship. With regards to the institutional variable we have selected, it shows the expected sign and countries with democratic governments tend to exhibit higher growth rates in the short-run relationship between debt and growth. However, it seems not to be the nature of a country's political system what determines the course of this relationship in the long-run.

Last but not least, more research is needed to understand whether (and if so, how) public debt is related to growth. This will surely occur as soon as newly available and reliable data help us to accurately perform an updated assessment.

REFERENCES

- Aghion, Phillippe, Alesina, Alberto and Trebbi, Francesco (2008). Electoral Rules and Minority Representation in U.S. Cities. *Quarterly Journal of Economics*, 123 (1), 325-357. <https://doi.org/10.1162/qjec.2008.123.1.325>.
- Antonakakis, Nikolaos (2014). Sovereign debt and economic growth revisited: The role of (non) sustainable debt thresholds, manuscript, Departamento de Economía, Universidad de Vienna.
- Baldacci, Emanuele and Kumar, Manmohan (2010). *Fiscal Deficits, Public Debt, and Sovereign Bond Yields*. Working Paper number 10/184. International Monetary Fund. <https://doi.org/10.5089/9781455202188.001>.
- Barro, Robert (1989). The Ricardian Approach to Budget Deficits. *Journal of Economic Perspectives*, 3, 37-54. <https://doi.org/10.1257/jep.3.2.37>
- Baum, Anja, Checherita-Westphal, Cristina and Rother, Philip (2013). Debt and Growth: New Evidence for the Euro Area. *Journal of International*

- Money and Finance*, 32 (C), 809-821. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2012.07.004>.
- Berg, Andrew and Ostry, Jonathan (2011). *Inequality and unsustainable growth: Two sides of the same coin*. IMF Staff Discussion Note 11/08. International Monetary Fund. <https://doi.org/10.5089/9781463926564.006>.
- Calderón, César and Fuentes, J. Rodrigo (2013). *Government Debt and Economic Growth*. Working Paper 424. Inter-American Development Bank.
- Caner, Mehmet., Grennes, Thomas and Koehler-Geib, Fritz (2010). *Finding the Tipping Point- When Sovereign Debt Turns Bad*. World Bank Policy Research Working Paper 5391. The World Bank.
- Cecchetti, Stephen, Mohanty, Madhusudan and Zampolli, Fabrizio (2011). *The Real Effects of Debt*. Working Paper 352. Bank of International Settlements.
- CEPAL (11 de Marzo de 2021). The Pandemic is Prompting Higher Debt Levels in the Region's Countries and Jeopardizing a Sustainable Rebuilding with Equality. *press release*. <https://www.cepal.org/en/pressreleases/pandemic-prompting-higher-debt-levels-regions-countries-and-jeopardizing-sustainable>
- Chang, Roberto, Kaltani, Linda and Loayza, Norman (2009). Openness is Good for Growth: The Role of Policy Complementarities. *Journal of Development Economics*, 90 (1), 33-49. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2008.06.011>.
- Checherita-Westphal, Cristina and Rother, Philipp (2012). The impact of high government debt on economic growth and its channels: An empirical investigation for the euro area. *European Economic Review*, 56 (7), 1392-1405. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2012.06.007>
- Cochrane, John (2011). Understanding policy in the Great Recession: Some unpleasant fiscal arithmetic. *European Economic Review*, 55 (1), 2-30. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2010.11.002>.
- DeLong, J., and Summers, Lawrence H. (2012). Fiscal Policy in a Depressed Economy. *Brookings Papers on Economic Activity*, 233-297.
- Diamond, Peter (1965). National debt in a neoclassical growth model. *The American Economic Review*, 55 (5), 1126-1150.
- Díaz-Alejandro, Carlos (1965). *Exchange Rate Devaluation in a Semi-Industrialized Economy: The Experience of Argentina 1955-61*, MIT Press, Cambridge.
- Dreger, Christian and Reimers, Hans-Eggert (2013). Does Euro Area Membership Affect the Relationship Between GDP Growth and Public Debt?. *Journal of Macroeconomics*, 37 (B), 481-486. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2013.07.012>.
- Easterly, William and Kraay, Aart (2000). Small States, Small Problems? Income, Growth, and Volatility in Small States. *World Development*, 28 (11), 2013-2027. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00068-1](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00068-1).

- Eberhardt, Markus and Presbitero, Andrea (2015). Public Debt and Growth: Heterogeneity and non- linearity. *Journal of International Economics*, 97 (1), 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2015.04.005>.
- Edwards, Sebastian (1985). Are Devaluations Contractionary?. *Working Paper* 1676, NBER.
- Égert, Balázs (2015). The 90 Public Debt Threshold: The Rise and Fall of a Stylized Fact. *Applied Economics*, 47 (34-35), 3756-3770. <https://doi.org/10.1080/00036846.2015.1021463>.
- Elmeskov, Jorgen and Sutherland, Douglas (2012). *Post-Crisis Debt Overhang: Growth and Implications across Countries*. Economics Department manuscript, OECD.
- Elmendorf, Douglas and Mankiw, N. Gregory (1999). *Government Debt*. Working Paper 6470, NBER.
- Gómez, Marta and Sosvilla, Simón (2017). *Public debt and economic growth: Further evidence euro area*. IREA Working Papers 201715, University of Barcelona.
- Herndon, Thomas, Ash, Michael and Pollin, Robert (2013). *Does High Public Debt Consistently Stifle Economic Growth? A Critique of Reinhart and Rogoff*. PERI Working Paper 322. University of Massachusetts Amherst.
- Hiebert, Paul, Lamo, Ana, Romero de Avila, Diego and Jean-Pierre Vidal (2002). Fiscal Policies and Economic Growth in Europe: An Empirical Analysis, manuscript, Banca d'Italia.
- Hole, Risa (2007). A Comparison of Approaches to Estimating Confidence Intervals for Willingness to Pay Measures. *Health Economics*, 16 (8), 827-840. <https://doi.org/10.1002/hec.1197>
- Jacobo, Alejandro and Jalile, Ileana (2017). *The Impact of Government Debt on Economic Growth: An Overview for Latin America*. Working Paper 28. Dipartimento di Economia, Università di Perugia.
- Krugman, Paul (2009). The true fiscal cost of stimulus. New York Times, September 29. <https://archive.nytimes.com/krugman.blogs.nytimes.com/2009/09/29/the-true-fiscal-cost-of-stimulus/>
- Krugman, Paul (1994). The Myth of Asia Miracle, *Foreign Affairs*, 73 (6), pp. 62-78.
- Krugman, Paul and Taylor, Lance (1978). Contractionary Effects of Devaluation. *Journal of International Economics*, 8 (3), 1445-1456. [https://doi.org/10.1016/0022-1996\(78\)90007-7](https://doi.org/10.1016/0022-1996(78)90007-7).
- Kumar, Manmohan and Woo, Jaejoon (2010). *Public Debt and Growth*. Working Paper 02/69. International Monetary Fund. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1653188>
- Loayza, Norman, Fajnzylber, Pablo and Calderón, César (2004). *Economic Growth in Latin America and the Caribbean: Stylized Facts, Explanations, and Forecasts*. Working Paper 265. Central Bank of Chile.

- Marshall, Monty and Jaggers, Keith (2000). Polity IV project. Political regime characteristics and transitions, 1800-1999. Users' manual. University of Maryland.
- Modigliani, Franco (1961). Long-run implications of alternative fiscal policies and the burden of the national debt. *The Economic Journal*, 71 (284), 730-755.
- Munck, Gerardo and Verkuilen, Jay (2002). Conceptualizing and Measuring Democracy. Evaluating Alternative Indices. *Comparative Political Studies*, 35 (1), pp. 5-34. <https://doi.org/10.1177%2F001041400203500101>.
- Panizza, Ugo and Presbitero, Andea (2013). Public Debt and Economic Growth in Advanced Economies: A Survey. *Swiss Journal of Economics and Statistics*, 149 (2), 175-204. <https://sjes.springeropen.com/articles/10.1007/BF03399388>.
- Reinhart, Carmen and Rogoff, Kenneth (2010). Growth in a Time of Debt. *American Economic Review*, 100 (2), 573-578. <https://doi.org/10.1257/aer.100.2.573>
- Rodrik, Dany and Rodríguez, Francisco (2001). *Trade Policy and Economic Growth: A Skeptics Guide to the Cross-National Evidence*, in B. Bernanke and K. Rogoff (editors), NBER Macroeconomics Annual 2000, 15, 261-325.
- Schclarek, Alfredo (2005). *Debt and Economic Growth in Developing Industrial Countries*. Working Paper 34. Department of Economics, Lund University.
- Summerhill, William (2015). *Inglorious Revolution: Political Institutions, Sovereign Debt, and Financial Development in Imperial Brazil*. Yale University Press, New Haven.
- Teles, Vladimir and Mussolini, Caio (2014). Public debt and the limits of fiscal policy to increase economic growth. *European Economic Review*, 66 (C), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2013.11.003>
- Vance, Colin (2006). *Marginal Effects and Significance Testing with Heckman's Sample Selection Model: A Methodological Note*. RWI Essen Discussion Papers 39. Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen.
- Winters, L. Alan (2004). Trade liberalization and economic performance: An overview. *Economic Journal*, 114 (493), F4-F21. <https://doi.org/10.1111/j.0013-0133.2004.00185.x>.
- Yanikkaya, Halit (2003). Trade openness and economic growth: a cross-country empirical investigation. *Journal of Development Economics*, 72 (1), 57-89. [https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(03\)00068-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(03)00068-3)

Indicadores de Coyuntura



Estado de México

México



Informes trimestrales

9

Años de
publicación
continua

34

Informes
Publicados

¿Se retroalimentan las energías renovables con el crecimiento económico en México?: análisis del 2013-2020

JUAN JOSÉ ESPARZA LÓPEZ*
CLEMENTE HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ**

RESUMEN

Este artículo analiza empíricamente las relaciones causales de las energías renovables y no renovables en el crecimiento económico de México de 2013 a 2020, utilizando la metodología de modelo autorregresivo con rezagos distribuidos con el vector corrector de errores y la prueba de causalidad de largo plazo de Toda y Yamamoto. Además de utilizar pruebas de estacionariedad y cointegración, se utilizaron como variables de control a la fuerza laboral, la formación de capital, la contaminación y la apertura económica. Dentro de los principales hallazgos, se muestra que, para hallar mejores estimadores, se deben analizar los efectos por fuente de energía tanto renovable como no renovable. Para las energías no renovables, energía renovable, hidroeléctrica, eólica y fotovoltaica no se identificaron efectos causales de largo plazo. Aunque para la energía geotérmica se identificó una retroalimentación de largo plazo.

Palabras clave: Crecimiento económico, causalidad, energías renovables, energía no renovable.

Clasificación JEL: O20, Q40, Q42.

* Doctorado en Estudios Económicos, Universidad de Guadalajara, México. Correo-e: Jjose.esparza@alumnos.udg.mx. ORCID: 0000-0002-6478-1120.

** Departamento de Economía, Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas, Universidad de Guadalajara, México. Correo-e: clemente@academicos.udg.mx. ORCID: 0000-0003-3023-9090.

ABSTRACT

Are renewable energies feedback with economic growth in Mexico? Analysis from 2013 to 2020.

This paper analyzes empirically the causal relationships of renewable and non-renewable energies in Mexico's economic growth from 2013 to 2020, using the methodology of autoregressive with distributed lags with the vector error correction (ARDL with VEC) model and the Toda and Yamamoto long-term causality test. In addition to using stationarity and cointegration tests, labor force, capital formation, pollution, and economic openness were used as control variables. Among the main findings, it is shown that, in order to produce better estimators, the effects by source of both renewable and non-renewable energy must be analyzed, as well as each one of them when this is possible. For non-renewable energies, renewable, hydroelectric, wind and photovoltaic energy, no long-term causal effects were identified. Though for geothermal energy, long-term feedback was identified.

Keywords: Economic growth, causality, renewable energy, non-renewable energy.

JEL Classification: O20, Q40, Q42.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como objetivo mostrar la importancia que tiene el analizar los efectos individuales de cada fuente de energía sobre el crecimiento económico para México de 2013 a 2020, periodo que comprende la reforma energética del 2013 y la contra reforma del 2018. Se plantea la hipótesis que, al tratar todas las fuentes de energía por igual, los efectos identificados serán sesgados. Se acepta la limitación que tiene el espacio de tiempo reducido para poder obtener las medidas de producción desagregadas y medir los efectos que la reforma energética del 2013 ha tenido sobre el crecimiento económico. Aunque el estudio de la energía en el crecimiento económico no es novedoso a nivel mundial ni para el caso de México, no existen estudios para México con variables desagregadas, por lo cual las conclusiones de este estudio pueden explicar esos huecos en el conocimiento.

La evolución de producción de energía en México ha pasado de privilegiar el uso de productos derivados del petróleo hasta 1990 (Islas

et al., 2001); a buscar homogenizar con las tendencias globales, para ello se han planteado objetivos de crecimiento de la producción de energías limpias sobre el total de energía del 35% en 2024 (Múlas, 2019). Para ello en 2013 se modifica la Constitución para permitir una mayor competencia en la generación de electricidad (Bryner, 2016). Sin embargo, desde 2018 las leyes de la administración federal han dado lugar a nuevas prioridades, que podría ocasionar un retroceso en la transición energética (SENER, 2020).

Una de las principales cuestiones en la teoría económica es explicar cómo se da el crecimiento económico y los beneficios del crecimiento económico para la sociedad, partiendo de la explicación de que la tasa de ahorro va dirigida a inversiones en capital (Solow, 1956). Sin embargo, este crecimiento se puede dar por incrementos en la productividad, por avances tecnológicos, ya sean dirigidos (Hicks, 1932); favorecidos por las instituciones (Acemoglu y Robinson, 2012); o a través de un aprendizaje basado en la práctica (Arrow, 1962). Este progreso tecnológico puede ser explicado en sentido amplio en la difusión del conocimiento y la inversión en investigación o el aprovechamiento del avance de otros países a partir del comercio internacional (Romer, 1990; Helpman y Krugman, 1985).

También se plantea la idea de que este crecimiento no puede ser eterno sin considerar el daño ambiental ocasionado por el avance tecnológico y el incremento de los bienes de consumo, además de considerar que los recursos no son infinitos (Georgescu-Roegen, 1977; Nordhaus, 1977). Para evitar los problemas de la escasez impuesta por la naturaleza, las mejoras en la tecnología pueden ser utilizadas para desarrollar bienes que contaminen menos y tengan una mayor productividad (Solow, 1974; Nordhaus, 1973). La energía que es necesaria para la transformación, distribución y progreso de bienes que impulsa el crecimiento económico, al ser generada principalmente de fuentes no renovables, puede, por otro lado, restringir el crecimiento económico (Ayres y Kneese, 1969; Payne, 2010). Por ello, el desarrollo de energías renovables sirve para continuar con el crecimiento económico (Brock y Taylor, 2004; Loaiza, 2018; Consejo de Energía Mundial, 2016).

A nivel mundial, se entiende por transición energética el optar por una mayor cantidad de energía a partir de fuentes renovables y mantener o en algunos casos disminuir la energía a partir de hidrocarburos. La transición energética se ha impulsado llevando a que la

nueva generación de electricidad sea 90% renovable (Loaiza, 2018) El caso mexicano no ha sido la excepción, buscando este impulso a través de reformas en el sector energético en 2014, buscando incrementar el porcentaje de energía renovable, aprovechando la gran cantidad de recursos naturales de la nación (Gutiérrez, 2014; Alemán *et al.*, 2014; SEGOB, 2013). Según la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA), se ha pasado de producir 40,732 Gigawatts por hora de energía renovable en el año 2000 hasta 54,770 en el año 2018, además de plantear diferentes metas que logren a una transición del 40% de la producción de energía limpia para el 2035 y de un 50% para el 2050 (IRENA, 2015; IRENA, 2020).

Si se optará por esta transición energética cada vez más, se deben analizar los efectos que tiene la disminución de la energía a base de petróleo para conocer la repercusión que tendrá sobre la economía, buscando que haya un efecto de sustitución, para mejorar la calidad ambiental sin perjudicar el avance de la economía (Shahbaz *et al.*, 2014; Marinaş *et al.*, 2018). En este estudio, se plantea el objetivo de identificar los efectos individuales por producción de energía para el caso mexicano.

En cuanto a los efectos analizados sobre la relación entre energía y economía, se han identificado los efectos sobre el empleo (El Moummy *et al.*, 2021; Çelik, 2021; Gonçalves, *et al.*, 2020), la inversión extranjera directa (Balsalobre *et al.*, 2021; Parab *et al.*, 2020; Qamruzzaman y Jianguo, 2020), las exportaciones e importaciones (Rafindadi y Ozturk, 2016; Ben *et al.*, 2016; Ben y Ben, 2015), los precios de la energía (Ike *et al.*, 2020; Abid, 2020 y Alsaedi *et al.*, 2020) y la contaminación medida por las emisiones de CO₂ (Bekun *et al.*, 2021; Adebayo y Rjoub, 2021; Adebayo *et al.*, 2020). Para este estudio se opta por analizar la principal variable de interés en la economía, a saber: el crecimiento económico (Acheampong *et al.*, 2021; Usman *et al.*, 2020; Ozcan *et al.*, 2020).

En el siguiente apartado se analiza la revisión de literatura disponible, enfatizando aquellos estudios que utilizan a México como estudio de caso individual o incluyan a México dentro de los países analizados. En el segundo apartado se presenta la metodología para identificar los efectos causales a través del modelo autorregresivo de rezagos distribuidos. En el tercer apartado se realiza el análisis estadístico, seguido de la construcción de variables y los análisis econométricos realizados. En el cuarto apartado se presentan los resultados comparativos de los

efectos causales por fuente de generación de energía. Por último, se presentan las conclusiones.

1. REVISIÓN DE LA LITERATURA EMPÍRICA: CRECIMIENTO ECONÓMICO Y ENERGÍAS RENOVABLES

En esta sección se presentará la revisión de literatura empírica partiendo de la explicación teórica-conceptual y los estudios empíricos de la relación entre energía y crecimiento económico. Luego, se plantea el mismo formato para la relación entre la energía renovable y el crecimiento económico. Por último, se presentan de forma acotada las principales variables de control utilizadas, así como los procesos metodológicos empleados.

La literatura existente sobre el impacto de las energías limpias y convencionales es extensa y se centra especialmente en el impacto que tiene sobre el crecimiento económico, donde se identifican cuatro posturas bien definidas. La primera, conocida como hipótesis de neutralidad, se refiere a que la economía está desacoplada del consumo de energía y que los efectos son mínimos para validarlos económicamente (Pérez *et al.*, 2020; Raza *et al.*, 2020; Alvarado *et al.*, 2019). La segunda, argumenta que la relación de crecimiento y energía se da en una sola dirección, o sea, de la producción a la energía (hipótesis de conservación); la tercera, de la energía a la producción (hipótesis de crecimiento) (Razmi *et al.*, 2020; Azam *et al.*, 2021; Yang y Kim; 2020). La cuarta, argumenta que existe una relación de sinergia o bidireccional, tanto la producción impulsa a la energía y viceversa (hipótesis de retroalimentación) (Marinaş *et al.*, 2018; Le y Bach, 2020; Le y Sarkodie, 2020;).

El análisis de la energía y el crecimiento económico ha tenido gran interés de análisis a partir de los hallazgos de la investigación pionera realizada para Estados Unidos de 1947 a 1974, donde se identificó que existe una relación unidireccional del PIB al consumo de energía y se concluyó que, si el consumo de energía está relacionado con la actividad económica, las políticas de ahorro de energía son inaceptables (Kraft y Kraft, 1978). Además, aunque en el corto plazo no exista una relación entre el consumo de energía y la actividad económica, esta relación en ocasiones ocurre en el largo plazo, por lo cual los efectos no deben ser considerados solo en el corto plazo para el desarrollo

de políticas (Latief *et al.*, 2020, Abdollahi, 2020, Azam *et al.*, 2021, Nguyen y Ngoc, 2020).

En los periodos más recientes el interés se ha centrado en diferenciar los efectos entre fuentes no renovables y renovables para impulsar el crecimiento económico en países en desarrollo. Se concluye que existen efectos de conservación, crecimiento o de retroalimentación a partir de las energías renovables, por lo cual las políticas de ahorro afectarían de forma negativa el crecimiento económico (Le y Sarkodie, 2020; Le, 2020; Abid *et al.*, 2020, Razmi *et al.*, 2020, Le y Bach, 2020). Sin embargo, a pesar de que se puedan identificar hipótesis de neutralidad como para el caso de Malasia de 1989 a 2018, se prefiere optar por consumo de energía renovable por sus efectos positivos en la reducción de emisiones de CO₂ (Raza *et al.*, 2020). Asimismo, el efecto puede ser negativo como lo identificado para los BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica) de 1994 a 2015, pero este efecto negativo puede ser menor a través de la educación y concienciación medioambiental (Tsaurai y Ngcobo, 2020). Entre 1995 y 2014, para 15 países del Este de África se identificaron los mismos resultados, por lo que el consumo de energía renovable puede frenar al crecimiento, esto podría atribuirse a que la energía renovable más popular en esta región es la biomasa de madera, que en su mayoría es impura y hace falta más procesamiento para aprovecharla (Maji *et al.*, 2019).

Si bien los estudios se han centrado en la distinción entre fuentes de energía renovables y no renovables, las fuentes de energía renovable tampoco deben considerarse homogéneas debido a las limitaciones de escasez o los costos de contaminación, por esta razón, algunos estudios han intentado identificar estos impactos diferenciales. Por ejemplo, Sulub *et al.* (2020) encontraron para Malasia entre 1978 y 2017 que la energía hidroeléctrica tiene un efecto de ahorro, por lo que no afecta el crecimiento económico. Mientras que la producción de energía de biomasa sí resultó significativa para explicar el crecimiento para la Unión Europea (Busu, 2020). Sin embargo, la misma fuente de energía no tiene el mismo efecto en diferentes países, por ejemplo, la producción de energía solar y eólica es positiva para Canadá, EE. UU., Corea del Sur, Alemania, India y España, pero no para China y Dinamarca (Yang y Kim, 2020). Para los países europeos la cantidad total de energías renovables no resulta ser significativa, la energía eólica aumenta con el crecimiento económico, en España la energía solar muestra un efecto

positivo en el crecimiento (Pérez *et al.*, 2020). Asimismo, la energía nuclear tiene un efecto positivo en el crecimiento económico (Pilatowska *et al.*, 2020). Al igual que las fuentes de energía renovables, las fuentes de energía no renovables también difieren, lo que afecta positivamente el consumo de energía de gas natural en Malasia (Etokakpan *et al.*, 2020). En el caso de Brasil, también es importante la producción de energía hidroeléctrica y otras fuentes de energía renovable, además del gas natural (Hdom y Fuinhas, 2020).

Para México, no hay muchos análisis de un solo país que vinculen la energía con el crecimiento económico, pero está más involucrado en estudios grupales que determinan los efectos del crecimiento (Acheampong *et al.*, 2021; Singh *et al.*, 2019; Miranda *et al.*, 2020). Sin embargo, al analizar los efectos de cada país por separado, México no mostró una relación significativa (Bhattacharya *et al.*, 2016). Estos resultados no difirieron entre los niveles de desarrollo de los países (Singh *et al.*, 2019). Por otro lado, se han identificado efectos bidireccionales para los países de la OCDE (Ozcan *et al.*, 2020) y específicamente para el caso de México (Odugbesan y Rjoub, 2020; Tong *et al.*, 2020). Así mismo, existen diferencias entre continentes, para América y Europa existe una relación de retroalimentación, mientras que para África y Asia existe una relación de conservación (Usman *et al.*, 2020). Al diferenciar el nivel de ingresos, si bien resulta importante para todos los niveles de ingresos, el impacto es mayor para los grupos de ingresos más bajos e ingresos altos (Alvarado *et al.*, 2019).

Los estudios en México incluyen un estudio de Gómez *et al.* (2015) quienes analizaron la relación entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico desde 1971 hasta 2011 y encontraron una relación causal entre el crecimiento económico y el consumo de energía. Como resultado, las políticas de eficiencia energética pueden tener poco o ningún impacto en la economía. Y un trabajo de extensión de los mismos autores (Gómez *et al.*, 2018) que analizó el período de 1971 a 2013 para encontrar una relación causal bidireccional entre el consumo de energía y el crecimiento económico en el largo plazo, aunque los resultados difieren cuando se incluyen las exportaciones o las importaciones en el análisis de corto plazo, el impacto de reducir el consumo de energía puede compensarse con políticas comerciales. Sin embargo, estos estudios no distinguieron entre fuentes de energía renovables y no renovables al analizar el

consumo de energía. El único estudio que analizó estas diferencias entre 1990 y 2017, Mele, (2019) concluye que el consumo de energía renovable tiene un impacto positivo sobre el crecimiento económico, aunque este estudio no diferencia entre fuentes de energía renovable y no incluye variables de control.

El cuadro 1, muestra la revisión de la literatura donde se determina que las variables de control más utilizadas son formación bruta de capital y fuerza laboral que parten del modelo de Solow (Acheampong *et al.*, 2021; Singh *et al.*, 2019; Bhattacharya *et al.*, 2016), apertura económica (Usman *et al.*, 2020; Etokakpan *et al.*, 2020; Le, 2020) y emisiones de CO₂ (Odugbesan y Rjoub, 2020; Tong *et al.*, 2020; Miranda *et al.*, 2020). Así mismo se identificó la principal metodología utilizada al revisar las relaciones causales de largo plazo: el modelo autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL) (Tong *et al.*, 2020; Odugbesan y Rjoub, 2020; Busu, 2020; Yang y Kim, 2020; Etokakpan *et al.*, 2020; Sulub *et al.*, 2020; Raza *et al.*, 2020; Razmi *et al.*, 2020; y Nguyen y Ngoc; 2020).

CUADRO 1
RESUMEN DE LA REVISIÓN DE LITERATURA EMPÍRICA

Autor	Título del artículo	Variables	Modelos	Resultados
Kraft y Kraft (1978)	On the Relationship Between Energy and GNP	PIB y producción total de energía	Causalidad Granger	Conservación
Pérez <i>et al.</i> (2020)	Energy Transition Towards a Greener and More Competitive Economy	PIB, Consumo total de energía, Consumo de energía renovable, Consumo de energía eólica y Consumo de energía solar.	Causalidad Granger	Neutralidad-Renovable Conservación-Eólica Bidireccional-Solar
Raza <i>et al.</i> (2020)	Renewable Energy Use and Its Effects on Environment and Economic Growth: Evidence from Malaysia	PIB, Uso de energía renovable y Emisiones de CO ₂	ARDL	Neutralidad
Alvarado <i>et al.</i> (2019)	Sustainable and non-sustainable energy and output in Latin America: A cointegration and causality approach with panel data	PIB, Consumo de energía renovable y Consumo de energía no renovable	MCODP	Neutralidad
Razmi <i>et al.</i> (2020)	The relationship of renewable energy consumption to stock market development and economic growth in Iran	PIB, Bolsa de valores, consumo de energía renovable y energía no renovable.	ARDL VEC	Conservación

CUADRO 1 (CONTINUACIÓN)

Autor	Título del artículo	Variables	Modelos	Resultados
Azam <i>et al.</i> (2021)	Investigation the impact of renewable electricity consumption on sustainable economic development: a panel ARDL approach	PIB, emisiones de CO2, capital, fuerza laboral, apertura económica, consumo de energía renovable y no renovable.	ARDL	Conservación
Le y Sarkodie (2020)	Dynamic linkage between renewable and conventional energy use, environmental quality and economic growth: Evidence from Emerging Market and Developing Economies	PIB per cápita, gasto del gobierno, apertura económica, capital, uso de energía no renovable y consumo de energía renovable	Causalidad panel Dumitrescu y Hurlin	Retroalimentación
Yang y Kim (2020)	Revisiting the Relation between Renewable Electricity and Economic Growth: A Renewable-Growth Hypothesis	PIB, uso de energía no renovable, producción de energía solar, producción de energía eólica, capital y fuerza laboral	ARDL	Crecimiento
Marinaş <i>et al.</i> (2018)	Renewable energy consumption and economic growth. Causality relationship in Central and Eastern European countries	PIB, poder adquisitivo, consumo de energía renovable.	ARDL	Retroalimentación
Le y Bach (2020)	The energy consumption structure and African EMDE's sustainable development	PIB, capital, apertura económica, gasto del gobierno, consumo de energía renovable y no renovable	Causalidad panel Dumitrescu y Hurlin	Retroalimentación
Latief <i>et al.</i> (2020)	Conceptualizing Pathways of Sustainable Development in the Union for the Mediterranean Countries with and Empirical Intersection of Energy Consumption and Economic Growth	PIB, consumo de energía, desarrollo sustentable, capital, fuerza laboral, inversión extranjera directa, población, desarrollo financiero, apertura económica e inflación.	VECM	Crecimiento
Abdohalli (2020)	Investigating Energy Use, Environment Pollution and Economic Growth in Developing Countries	PIB per cápita, emisiones de CO2, uso de energía, fuerza laboral, población total, población urbana, capital, desarrollo financiero y apertura económica	Modelo autorregresivo espacial	Crecimiento
Nguyen y Ngoc (2020)	Energy Consumption-Economic Growth Nexus in Vietnam: An ARDL Approach with a Structural Break	PIB per cápita, consumo de energía eléctrica, dummy de cambio estructural	ARDL y Toda Yamamoto	Retroalimentación

CUADRO 1 (CONTINUACIÓN)

Autor	Título del artículo	Variables	Modelos	Resultados
Abid <i>et al.</i> (2020)	Incorporation Environmental Pollution and Human Development in the Energy-Growth Nexus: A Novel Long Run Investigation for Pakistan	PIB, consumo de energía renovable y consumo de energía no renovable, emisiones de CO ₂ , índice de desarrollo humano, patentes y población	MCOCM	Crecimiento
Tsaurai y Ngcobo (2020)	Renewable Energy Consumption, Education and Economic Growth in Brazil, Russia, India, China, South Africa	PIB, consumo de energía renovable, educación, inversión extranjera directa, desarrollo de infraestructura, desarrollo financiero y apertura económica	MCOCM y Agrupados	Crecimiento
Maji <i>et al.</i> (2019)	Renewable energy consumption and economic growth nexus: A fresh evidence from West Africa	PIB, consumo de energía renovable, consumo de energía biomasa, estabilidad política, capital y fuerza laboral	MCOD	Crecimiento
Sulub <i>et al.</i> (2020)	Renewable Energy Supply and Economic Growth in Malaysia: An Application of Bounds Testing and Causality Analysis	PIB, producción de energía hidroeléctrica, consumo total de energía eléctrica y capital	ARDL VEC	Conservación
Busu (2020)	Analyzing the Impact of the Renewable Energy Sources on Economic Growth at the EU Level Using and ARDL Model	PIB per cápita, producción de energía hidroeléctrica, eólica, solar, biomasa, geotérmica, recursos, fuerza laboral e inversión y desarrollo	ARDL VEC	Crecimiento
Pilatowska <i>et al.</i> (2020)	The Effect of Renewable and Nuclear Energy Consumption on Decoupling Economic Growth from CO ₂ Emissions in Spain	PIB, consumo de energía nuclear, consumo de energía renovable y emisiones de CO ₂	VAR con umbrales	Retroalimentación -Nuclear Crecimiento -Renovables
Etokakpan <i>et al.</i> (2020)	Modeling natural gas consumption, capital formation, globalization, CO ₂ emissions and economic growth nexus in Malaysia: Fresh evidence form combined cointegration and causality análisis	PIB, capital, emisiones de CO ₂ , índice de globalización y consumo de gas natural	ARDL	Crecimiento

CUADRO 1 (CONTINUACIÓN)

Autor	Título del artículo	Variables	Modelos	Resultados
Hdom y Fuinhas (2020)	Energy production and trade openness: Assessing economic growth, CO2 emissions and the applicability of the cointegration análisis	PIB, emisiones de CO2, producción de energía hidroeléctrica, producción de gas natural, energías renovables y apertura económica	MCOCM, MCOD y Toda Yamamoto	Crecimiento - energías renovables Neutralidad -hidroeléctrica
Acheampong <i>et al</i> (2021)	Revisiting the economic growth-energy consumption nexus: Does globalization matter?	PIB per cápita, capital, fuerza laboral, consumo de energía, globalización, gasto del gobierno, educación y precios al consumidor	MGM	Crecimiento
Bhattacharya <i>et al</i> (2016)	The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries	PIB, capital, fuerza laboral, consumo de energía renovable y no renovable	MCOCM y MCOD	Crecimiento
Ozcan <i>et al</i> (2020)	Energy consumption, economic growth and environmental degradation in OECD countries	PIB, consumo de energía, emisiones de CO2 e índice ecológico	Causalidad panel Dumitrescu y Hurlin	Retroalimentación
Odugbesan y Rjoub (2020)	Relationship Among Economic Growth, Energy Consumption, CO2 Emission, and Urbanization: Evidence From MINT Countries	PIB per cápita, población urbana, emisiones de CO2 y consumo de energía	ARDL	Retroalimentación
Tong <i>et al</i> (2020)	Economic growth, energy consumption, and carbon dioxide emissions in the E7 countries: a bootstrap ARDL bound test	PIB per cápita, consumo de energía y emisiones de CO2	ARDL	Crecimiento -Largo plazo India Retroalimentación -Corto plazo México
Usman <i>et al</i> (2020)	An empirical nexus between economic growth, energy utilization, trade policy, and ecological footprint: a continent-wise comparison in upper-middle-income countries	Déficit ambiental, PIB, inversión extranjera directa, consumo de energía, consumo de energía renovable y apertura económica	Causalidad panel Dumitrescu y Hurlin	Retroalimentación -Europa y América Conservación - África y Asia
Gómez <i>et al</i> (2018)	Consumo de energía, crecimiento económico y comercio: Un análisis de causalidad para México	PIB, exportaciones, importaciones, capital, fuerza laboral y consumo de energía	ARDL y Toda Yamamoto	Retroalimentación
Mele (2019)	Renewable energy consumption: the effects on economic growth in México	PIB, consumo de energía renovable, capital y fuerza laboral.	Toda Yamamoto	Conservación

Nota: ARDL (modelo autorregresivo con rezagos distribuidos), MCOCM (mínimos cuadrados ordinarios completamente modificados), MCOD (mínimos cuadrados ordinarios dinámicos), VAR (vector autorregresivo), VEC (vector corrector de error), VECM (modelo del vector corrector de error) y MGM (método generalizado de momentos)

Fuente: elaboración propia.

2. METODOLOGÍA

En esta sección se presenta la descripción metodológica: se comienza por la descripción de las variables, una breve explicación de los hechos estilizados, se realiza un ajuste estacional X13ARIMA-SEATS para desestacionalizar las variables. Luego se pasa a demostrar si las variables son estacionarias mediante las pruebas de raíz unitaria de DFA (Dickey-Fuller Aumentada) y PP (Phillips-Perron). Para mostrar que las relaciones causales son de largo plazo, se realizan pruebas de cointegración mediante la prueba de límites del modelo autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL) y, por último, para identificar las relaciones causales se utiliza el VEC (vector corrector de errores) del modelo ARDL (autorregresivo con rezagos distribuidos).

2.1. Modelos econométricos

La función de producción aumentada se utiliza para mostrar que el crecimiento de energía también contribuye al crecimiento económico, es decir, la producción económica depende del capital, el trabajo y otras variables macroeconómicas y ambientales, como la apertura económica y la contaminación (Acheampong *et al.*, 2021) 2020; Lee, 2020; Odugbesan y Rjoub, 2020). En este estudio, se supone que el contexto de la función de producción es tal que el consumo de energía, el capital, la mano de obra, la apertura económica y la contaminación se tratan como insumos de producción separados, siendo la forma funcional la siguiente:

$$PIB_t = f(E_t, K_t, L_t, AE_t, C_t) \quad (1)$$

donde el producto interno bruto real (PIB) en el periodo t es función de capital (K), trabajo (L), apertura económica (AE), contaminación (C) y energía (E). La ecuación (1) puede ser parametrizada, aplicando logaritmo natural en ambos lados de la ecuación:

$$\ln PIB_t = \alpha_1 + \alpha_2 \ln K_t + \alpha_3 \ln L_t + \alpha_4 \ln AE_t + \alpha_5 \ln C_t + \alpha_6 \ln E_t + u_t \quad (2)$$

donde u_t es el término de error de ruido blanco. Siguiendo a (Pérez *et al.*, 2020), en este modelo se incluyen todas las fuentes de energía, pero empíricamente se estiman de manera separada, es decir, en el

modelo 1 se incorporan las energías no renovables, en el modelo 2 se incorporan las energías renovables, los modelos del 3 al 6, incorporan la energía hidroeléctrica, geotérmica, eólica y solar, respectivamente, para distinguir los efectos reales de cada fuente de energía renovable y evitar problemas de multicolinealidad.

2.2. Datos

El cuadro 2 describe las variables. Debido a que se utiliza información mensual, las variables más frecuentes en el estudio, como el crecimiento del PIB, no se encuentran disponibles. Siguiendo a Carrasco y Ferreiro (2011) y a Ibarra (2022), se opta por utilizar *proxies*, el indicador global de actividad económica (IGAE) para el producto interno bruto y la tasa de desempleo por la fuerza laboral. Estas decisiones metodológicas se toman con el fin de desglosar mensualmente las variables energéticas y obtener una gran cantidad de datos para el periodo analizado, de igual forma cabe destacar que la construcción de la apertura económica se utiliza la forma más extendida que es $ap = \frac{x + i}{y}$, donde *ap* es la apertura económica, *x* son las exportaciones, *i* son las importaciones e *y* es el producto interno bruto.

CUADRO 2
DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

Variable	Descripción	Medida	Frecuencia	Fuente
N	Generación bruta de energía no renovable (termoeléctrica, dual, carboeléctrica y nucleoeeléctrica)	Megavatios hora	Mensual	SIE-CFE
R	Generación bruta de energía renovable (hidroeléctrica, eólica, fotovoltaica y geotérmica)	Megavatios hora	Mensual	SIE-CFE
H	Generación bruta de energía hidroeléctrica	Megavatios hora	Mensual	SIE-CFE
E	Generación bruta de energía eólica	Megavatios hora	Mensual	SIE-CFE
S	Generación bruta de energía fotovoltaica	Megavatios hora	Mensual	SIE-CFE
G	Generación bruta de energía geotérmica	Megavatios hora	Mensual	SIE-CFE
Y	Indicador Global de la Actividad Económica	Índice base 2013	Mensual	INEGI
K	Inversión Bruta Fija	Índice base 2013	Mensual	INEGI
L	Tasa de desempleo	Índice base 2013	Mensual	INEGI
X	Exportaciones	Millones de dólares	Mensual	INEGI
I	Importaciones	Millones de dólares	Mensual	INEGI
C	Emissiones de monóxido de carbono	Promedio de concentración de emisiones	Mensual	SCICA
A	Apertura económica	Índice	Mensual	Instrumento

Nota: SIE-CFE es el Sistema de Información Energética de la Comisión Federal de Electricidad, INEGI es el Instituto Nacional de Estadística y Geografía y SCICA es el Sistema de Consulta de Indicadores de la Calidad del Aire.
Fuente: SIE-CFE, INEGI y SCICA.

2.3. Hechos estilizados

El cuadro 3 muestra los estadísticos relevantes para entender el comportamiento de las variables durante el periodo de análisis, se observa que la producción promedio de energía no renovable es más de 5 veces superior a la producción de energía renovable, lo que demuestra que aún existe una alta dependencia de las fuentes menos limpias. Por otro lado, existen diferencias significativas en las energías renovables, con la energía hidroeléctrica representando el 79 % de la energía renovable, seguida de la geotérmica (15 %), la eólica (5 %) y la solar (poco menos del 1 %). También cabe señalar que, de entre las energías renovables, la geotermia y la eólica tienen un sesgo negativo, mostrando que la mayoría de los valores están por encima de la media, mientras que la distribución de la solar es leptocúrtica, mostrando una alta concentración de valores, cercanos a la media, y finalmente solo la eólica sigue una distribución normal. Estas diferencias indican que los resultados esperados no serán similares.

CUADRO 3
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS VARIABLES EN NIVEL

Estadístico	Y	L	K	C	AE	N	R	H	G	E	S
Media	107.09	4.07%	102.93	0.58	4.47	180,665	31,555	25,068	4,708	1,768	9
Desviación estándar	5.39	0.65%	8.73	0.19	0.03	19,941	8,753	8,903	465	716	3
Sesgo	-0.91	0.25	-2.26	0.06	-0.09	0.05	0.18	0.11	-0.74	-0.22	1.30
Curtosis	3.85	1.62	8.98	2.05	1.93	2.21	2.3	2.17	2.98	2.39	9.14
Test de Jarque-Bera	12.17***	56.28***	44.31***	9.42***	14.45***	5.19*	4.10	6.09*	7.59**	3.01	30.79***
N	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96

Nota: ***, ** y * indican que se rechaza la hipótesis nula de distribución normal 1, 5 y 10% de significancia, respectivamente.

Fuente: SIE-CFE, INEGI y SCICA.

2.4. Pruebas de raíz unitaria

Si se trata de realizar la metodología de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) a variables que no son estacionarias resultaría en regresiones espurias, para ello se revisa la estacionariedad de las variables utilizando la metodología que en primera instancia Dickey y Fuller

(1979) propusieron para determinar $\hat{\tau} = (\hat{p} - 1)S_e^{-1} \left(\sum_{t=2}^n Y_{t-1}^2 \right)^{\frac{1}{2}}$,

donde $S_e^2 = (n - 2)^{-1} \sum_{i=2}^n (Y_t - \hat{p}Y_{t-1})^2$. Puesto que, para utilizar MCO, la series deben ser estacionarias, la hipótesis nula es $p = 1$, y para que esto sea posible se toma la primera diferencia, así se tiene que $\Delta Y_t = \delta Y_{(t-1)} + \varepsilon_t$, donde se tiene que $\delta = p - 1$. Para probar la estacionariedad se utilizará la prueba más general: la Dickey Fuller Aumentada (Said y Dickey, 1984) y para una mayor robustez de los resultados se aplicará la prueba de Phillips-Perron (Phillips y Perron, 1988).

2.5. Pruebas de Cointegración

Si las series son estacionarias y están relacionadas, entre ellas puede existir al menos una combinación lineal de largo plazo, a esto se le conoce como series cointegradas. Para ello en la mayoría de los casos se utiliza la metodología de Engle y Granger (1987). Esta prueba se basa en los residuales: si estos muestran una raíz unitaria, entonces las series son cointegradas. No obstante, cuando las series tienen diferente grado de estacionariedad $I(0)$ o $I(1)$, se opta por la prueba de límites autorregresivos distribuidos (ARDL) de Pesaran *et al.* (1999) y Pesaran *et al.* (2001). Esta prueba tiene 3 ventajas con respecto a otras metodologías: primero, no se ve afectada por el orden de integración; segundo, es relativamente más eficiente en muestras pequeñas y; tercero, se obtienen estimaciones no sesgadas del modelo de largo plazo (Belloumi, 2013).

$$\Delta Y_t = a_0 + a_1 t + \sum_{i=1}^m a_{2i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^n a_{3i} \Delta X_{t-i} + a_4 LY_{t-1} + a_5 LX_{t-1} + \mu_{1t} \quad (3)$$

$$\Delta X_t = \beta_0 + \beta_1 t + \sum_{i=1}^m \beta_{2i} \Delta X_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{3i} \Delta Y_{t-i} + \beta_4 LX_{t-1} + \beta_5 LY_{t-1} + \mu_{1t} \quad (4)$$

2.6. Modelo ARDL

Una vez realizadas las pruebas de estacionariedad y cointegración, se procede a realizar un vector autorregresivo de las variables en niveles si las variables son estacionarias y no cointegradas; mientras que, si son no estacionarias y no cointegradas, se procederá a realizar un vector autorregresivo a las series diferenciadas. Un vector autorregresivo en su forma reducida es una expresión de función lineal de cada variable que es explicada por sus propios valores del pasado más todos los valores pasados de

las demás variables considerando que existe un término error no correlacionado (Stock y Watson, 2001). Sin embargo, si las variables no son estacionarias, o tienen un orden mixto de integración los estimadores que se generan son sesgados, para esta situación se utiliza el modelo autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL), debido a que agrega un número suficiente de rezagos para capturar el proceso de generación de datos en un marco que va de lo general a lo específico (Shrestha y Bhatta, 2018).

$$y_t = \alpha + \beta x_t + \delta z_t + e_t \quad (5)$$

2.7. Vector corrector de errores

Si las series son cointegradas y no estacionarias, existe un vector de corrección de errores (VEC) del modelo de largo plazo que permite identificar las relaciones tanto de corto como largo plazo (Granger, 1988). A partir del modelo ARDL con una simple transformación lineal, se puede obtener el VEC sin perder información y evitar problemas de relaciones espurias resultantes de series de tiempo no estacionarias (Shrestha y Bhatta, 2018). La evidencia de cointegración se puede deber a que existe una relación teórica estable entre las variables (Menegaki, 2019). Para ello se utiliza la prueba de Wald para contrastar la hipótesis nula de no cointegración cuando hay más de un coeficiente de corto plazo de la misma variable (Tursoy y Faisal 2018).

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta x_{t-i} + \sum_{i=1}^p \varepsilon_i \Delta z_{t-i} + \lambda_1 y_{t-1} + \lambda_2 x_{t-1} + \lambda_3 z_{t-1} + u_t \quad (6)$$

La primera parte de la ecuación β , δ y ε representan los efectos dinámicos de corto plazo del modelo. La segunda parte con las λ representan las relaciones de largo plazo, siendo el corrector del error el factor sub-tercero.

2.8. Pruebas de causalidad

Este análisis, soluciona uno de los grandes problemas econométricos que aunque exista una relación no se puede conocer su causalidad, sin embargo, bajo la suposición de Granger, se puede identificar si X causa

a Y, debido a que señales en X del pasado puede ayudar a la predicción de Y, este puede ser utilizada con las variables en diferencias si no se encuentra relación de cointegración, siendo una relación causal de corto plazo (Amblard y Michel, 2013, Kirchgässner y Wolters, 2007, Menegaki, 2019 y Shrestha y Bhatta, 2018). Probar la causalidad de Granger utilizando estadísticos F cuando una o ambas series de tiempo no son estacionarias puede conducir a una causalidad falsa, para estos casos la metodología de Toda y Yamamoto (1995) puede generar estadísticos no sesgados e identificar relación de largo plazo (He y Maekawa, 2001 y Menegaki, 2019). Otra de las maneras que se tiene para identificar la causalidad entre las variables, si se identifica una relación de integración de orden I(1), el vector corrector de errores (VEC) muestra estos efectos causales, para ello el coeficiente de VEC debe ser negativo para asegurar la convergencia del sistema desde el corto hacia el largo plazo (Menegaki, 2019). Para evitar problemas de variables omitidas, que genera pruebas de causalidad sesgadas, se optará por la utilización de modelos multivariados (Lutkepohl, 1982).

3. RESULTADOS

3.1. Pruebas de raíz unitaria

Las series ajustadas estacionalmente se calculan con X13ARIMA-SEATS (INEGI, 2018) para estacionariedad y pruebas adicionales. Se realizan las pruebas DFA (Dickey-Fuller Augmentation) y PP (Phillips-Perron), siendo la hipótesis nula que la serie es no estacionaria. Los resultados se muestran en el cuadro 4, en donde solo se puede rechazar a un nivel de significancia de 5% para las variables NR, R, H, E y S en niveles. Después de aplicar las primeras diferencias, todas las variables son estacionarias a un nivel de significancia de 1% en ambas pruebas.

CUADRO 4
RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA

Variable en nivel	Parámetros determinísticos	Prueba DFA	Prueba PP
Y	CT	-2.612	-2.829
K	CT	-2.518	-2.493
L	CT	-2.190	-1.855
C	CT	-2.919	-2.404

CUADRO 4 (CONTINUACIÓN)

Variable en nivel	Parámetros determinísticos	Prueba DFA	Prueba PP
<i>AE</i>	CT	-2.299	-1.540
<i>N</i>	CT	-3.022	-3.804**
<i>R</i>	CT	-8.001***	-8.135***
<i>G</i>	CT	-3.005	-2.708
<i>H</i>	CT	-3.710**	-3.463**
<i>E</i>	CT	-8.524***	-8.581***
<i>S</i>	CT	-11.116***	-11.018***
Primeras diferencias			
ΔY	C	-7.427***	-7.236***
ΔK	C	-9.335***	-9.365***
ΔL	C	-15.617***	-15.095***
ΔC	C	-16.055***	-20.389***
ΔAE	C	-20.020***	-20.745***
ΔN	C	-9.198***	-9.347***
ΔR	C	-17.108***	-22.775***
ΔG	C	-13.603***	-13.752***
ΔH	C	-10.432***	-10.873***
ΔE	C	-15.690***	-21.261***
ΔS	C	-18.753***	-25.336***

Nota: *** y ** indican que se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria a 1 y 5% de significancia, respectivamente. C indica constante y CT constante y tendencia. Todas las variables están expresadas en logaritmos naturales.

Fuente: SIE-CFE, INEGI y SCICA. Se utilizó el paquete de econometría STATA 15.0 para realizar las pruebas.

3.2. Pruebas de cointegración

Para la elección de los rezagos se utiliza el criterio de información Akaike, además de utilizar las pruebas, incluyendo intercepto e intercepto y tendencia si esta fuese significativa para determinar el grado de cointegración con la prueba de límites del modelo ARDL (autorregresivo con rezagos distribuidos) que proponen Pesaran *et al.* (2001). La hipótesis nula es no cointegración donde $H_0: \beta_1=\beta_2=\beta_3=\beta_4=\beta_5=0$. En la prueba si el valor de F es superior al limite superior, se rechaza la hipótesis nula, mostrando que existe una relación de cointegración de largo plazo. En los resultados del cuadro 5a, se observa que solo para la energía geotérmica se muestra una relación estable de largo plazo. Estos resultados son

similares a los encontrados en (Bhattacharya *et al.*, 2016. Existen efectos de largo plazo para la energía geotérmica, efectos individuales que no habían sido analizados. Se realizan pruebas de normalidad (Jarque-Bera, JB), autocorrelación, heteroscedasticidad y la prueba de especificación de Ramsey, donde se observa que los modelos ARDL planteados son estables para un nivel de significancia del 90%, exceptuando para el caso de la energía solar, donde existe autocorrelación serial (cuadro 5b).

CUADRO 5A
ANÁLISIS DE COINTEGRACIÓN ARDL

Modelo ADRL	Estadístico F	VC 1%		VC 5%		VC 10%	
		I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
F (Y K, L, C, AE, NR)	1.102	3.41	4.68	2.62	3.79	2.26	3.35
F (Y K, L, C, AE, R)	1.843	3.41	4.68	2.62	3.79	2.26	3.35
F (Y K, L, C, AE, H)	1.858	3.41	4.68	2.62	3.79	2.26	3.35
F (Y K, L, C, AE, G)	3.967**	3.41	4.68	2.62	3.79	2.26	3.35
F (Y K, L, C, AE, E)	2.338	3.41	4.68	2.62	3.79	2.26	3.35
F (Y K, L, C, AE, S)	2.356	3.41	4.68	2.62	3.79	2.26	3.35

Nota: ** denota rechazo de la hipótesis nula al nivel del 5%. Todas las variables están expresadas en logaritmos naturales.
Fuente: SIE-CFE, INEGI y SCICA. Se utilizó el paquete de econometría STATA 15.0 para realizar las pruebas.

CUADRO 5B
PRUEBA DE DIAGNÓSTICO ARDL

Pruebas	NR	R	H	G	E	S
JB Normal	1.81(0.40)	4.20(0.12)	1.17(0.55)	2.80(0.24)	0.03(0.98)	6.19(0.04)
Prueba LM	0.705(0.40)	0.018(0.89)	4.164(0.04)	1.127(0.28)	0.316(0.57)	16.797(0.00)
Prueba Breusch-Pagan	0.16(0.68)	0.35(0.55)	0.06(0.80)	0.01(0.94)	0.02(0.88)	0.36(0.54)
Prueba Ramsey	1.99(0.22)	5.71(0.02)	1.05(0.44)	1.49(0.28)	1.00(0.45)	2.42(0.18)

Nota: Los valores denotan el estadístico de cada prueba y su respectivo valor prob. está en paréntesis.
Fuente: SIE-CFE, INEGI y SCICA. Se utilizó el paquete de econometría STATA 15.0 para realizar las pruebas.

3.3. Modelo autorregresivo de rezagos distribuidos con vector corrector de errores

En el cuadro 6 se muestran los resultados de causalidad a corto y largo plazo para el modelo que incluye energía geotérmica, que es el único que muestra efectos de largo plazo. En el largo plazo, existe evidencia de causalidad de las variables K, C, AE y G a un nivel de significancia de 1%, lo que implica que una reducción de la producción de energía

geotérmica y en el capital o un incremento de la contaminación y la apertura económica afectaría negativamente en el crecimiento del producto. También existe una relación de causalidad de largo plazo al 1% de significancia cuando se toma como variable dependiente a K y G, en cambio para C la relación de causalidad de largo plazo es un nivel de significancia del 5%, pero con signo positivo por lo cual no habría convergencia. En el corto plazo, destaca la relación causal a corto plazo bidireccional entre C y G al 1% de significancia, la relación causal a corto plazo bidireccional entre Y y G al 1% de significancia, así mismo el signo positivo de G en el caso de la variable dependiente Y, muestra que en el corto plazo una reducción de la producción geotérmica afectaría negativamente en el crecimiento del producto. En la parte inferior del cuadro 6 se presentan los estadísticos de las pruebas diagnósticas, que muestran que los modelos cumplen con los supuestos de normalidad y buena especificación, la inexistencia de heterocedasticidad y autocorrelación.

CUADRO 6
PRUEBA DE CAUSALIDAD DE GRANGER A CORTO Y LARGO PLAZO-GEOTÉRMICA

Variables explicativas	ΔY	ΔK	ΔL	ΔC	ΔAE	ΔG
ΔY	-	1.6984***	10.2263	-12.9502***	-4.14352	3.9999***
ΔK	0.5391***	-	-11.8465	7.2466***	2.8251	-2.6353***
ΔL	-0.0083	0.0031	-	-0.1832	-0.0399	-0.0120)
ΔC	-0.0734***	0.1264***	1.6680	-	-0.4155	0.2941***
ΔAE	-0.1270***	0.1089	6.545	-1.3914	-	-1.4881*
ΔG	0.2125***	-0.3226***	-7.6341	3.3467***	1.3596	-
TCE-1	-3.1183***	-4.1218***	-0.6003	1.6675**	0.1411	-1.2915***
Pruebas de diag.						
JB Normal	2.8	4.22	1.11	0.41	2.03	5.07*
Prueba LM	1.127	0.027	1.454	0.617	4.271**	2.245
Prueba Breusch-Pagan	0.00	0.08	0.05	0.33	0.06	0.17
Prueba Ramsey	1.249	0.8	0.54	0.87	1.68	0.88

Nota: ***, ** y * denotan rechazo de la hipótesis nula al nivel del 1, 5 y 10%. TCE-1 representa el coeficiente del término de corrección de error rezagado un periodo. Todas las variables están expresadas en logaritmos naturales.

Fuente: SIE-CFE, INEGI y SCICA. Se utilizó el paquete de econometría STATA 15.0 para realizar las pruebas.

Para verificar la robustez de los resultados, también se aplicó la metodología alternativa de Toda y Yamamoto (1995). Los resultados del cuadro 7, muestran que existe una causalidad fuerte de largo plazo de la producción de energía geotérmica al crecimiento económico. No obstante, esta relación no se puede confirmar que sea bidireccional. Así mismo tanto la contaminación como el capital tienen fuerte poder de explicación causal sobre el crecimiento económico. Por su parte, solo la tasa de desempleo tiene poder de explicación causal con un nivel de significancia del 5% en la producción de energía geotérmica.

CUADRO 7
PRUEBAS DE CAUSALIDAD TODA Y YAMAMOTO

Hipótesis nula	Estadístico F	Hipótesis nula	Estadístico F
G no causa a Y	3.49*	G no causa a C	0.75
K no causa a Y	8.47***	Y no causa a C	0.62
L no causa Y	3.11*	K no causa a C	0.16
AE no causa a Y	0.23	L no causa a C	0.00
C no causa a Y	3.98**	AE no causa a C	2.85*
G no causa a K	1.35	G no causa a AE	3.63*
Y no causa a K	1.87	Y no causa a AE	5.12**
L no causa a K	1.95	K no causa a AE	7.24***
AE no causa a K	0.02	L no causa a AE	0.15
C no causa a K	0.83	C no causa a AE	6.13**
G no causa a L	0.01	Y no causa a G	0.03
Y no causa a L	0.21	K no causa a G	0.11
K no causa a L	0.00	L no causa a G	3.83*
AE no causa a L	0.72	C no causa a G	1.68
C no causa a L	0.00	AE no causa a G	0.7

Nota: ***, ** y * denotan rechazo de la hipótesis nula al nivel del 1, 5 y 10%. Todas las variables están expresadas en logaritmos naturales.
Fuente: SIE-CFE, INEGI y SCICA. Se utilizó el paquete de econometría STATA 15.0 para realizar las pruebas.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta investigación se cuantifica empíricamente el efecto entre la producción energía (renovable y no renovable) y el crecimiento económico en México en el periodo alrededor de la reforma energética de 2014, para ello se utiliza un modelo de cointegración ARDL y pruebas de causalidad. Se encuentra que la producción de energía en sus diferentes fuentes es similar a lo identificado en Gómez *et al.* (2015) y en Odugbesan y Rjoub (2020).

El principal objetivo de la reforma energética fue incrementar la producción de energía renovable, buscando disminuir la dependencia de la producción de energía más contaminante y respetar los tratados internacionales del cuidado del medio ambiente. Cuando se analizan los efectos entre la producción de energía renovable y no renovable no se identifican efectos de largo plazo similares a los resultados de Bhattacharya *et al.* (2016).

Sin embargo, cuando se analizan los efectos individuales de cada fuente de energía renovable se identifica que las fuentes de generación que son altamente dependientes de temporalidad y características no controlables, como lo son las horas de sol (fotovoltaica), la fuerza del viento (eólica) o la fuerza de corrientes de agua (hidroeléctrica), no han mostrado tener impactos reales sobre el crecimiento económico. Estos resultados concuerdan con lo identificado por Pérez *et al.* (2020), donde se muestra que, para países de la península ibérica, debido a diferencias climáticas algunos países se ven favorecidos en mayor medida por el consumo de energía solar o energía eólica.

En este sentido, para el caso mexicano en el periodo analizado, la producción de energía geotérmica es la única que muestra efectos causales de largo plazo en el crecimiento económico. Esto bien se puede deber a que México es el cuarto productor a nivel mundial de energía geotérmica, con sus 5 centrales de producción propiedad de la Comisión Federal de Electricidad en Baja California con la mayor capacidad instalada, seguida de Michoacán, Puebla, Baja California Sur y Jalisco (Alemán *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

Este estudio se basa en la pregunta de si el impacto de todas las fuentes de energía en el crecimiento económico debe considerarse igual para el caso de México de 2013 a 2020. Se utilizan las siguientes variables de control: la fuerza laboral, el capital físico, la contaminación y la apertura economía. Se analizan los impactos individuales de la generación de energía no renovable y renovable (hidráulica, solar, eólica y geotérmica). Las relaciones causales a largo plazo se midieron utilizando un modelo autorregresivo de rezago distribuido con vectores de corrección de errores.

Para el análisis empírico, lo primero es que cada serie de energía se debe desestacionalizar para evitar sesgos en las pruebas, ya que casi todas las fuentes de energía muestran una variación estacional significativa, excepto las no renovables. Lo siguiente es realizar una prueba de raíz unitaria para determinar el nivel de estacionariedad, encontrando que las variables tienen diferentes niveles de estacionariedad, para solucionar esto se utiliza como la prueba de cointegración al límite ARDL propuesto por Pesaran. Encontrando que solo para el caso de la producción de energía geotérmica existe una relación de largo plazo significativa.

El modelo ARDL con vector corrector de errores mostró que las variables de control capital, fuerza laboral, contaminación y apertura económica, ayudan en la estimación de efectos de largo plazo, con lo cual se identificó que, para el caso específico de la producción de energía geotérmica, estos efectos son positivos tanto en el corto como en el largo plazo. Así mismo, las pruebas de causalidad de largo plazo utilizando la metodología de ARDL-VEC se identificó la hipótesis de retroalimentación. Por otro lado, utilizando la metodología de Toda y Yamamoto, la hipótesis que mejor explica el comportamiento entre las variables es la hipótesis de crecimiento.

Estos resultados pueden ser útiles para los tomadores de decisiones que quieran impulsar el crecimiento económico: pueden hacerlo con el uso de mayor cantidad de energías renovables que impactan directamente al crecimiento económico, para el caso mexicano un mayor impulso a la producción de energía geotérmica se identificó como la única en mostrar efectos causales de largo plazo.

La principal contribución de esta investigación reside en que al medir los efectos de la producción de energía deberían buscarse maneras para evaluar los efectos desagregados que no generen sesgos de interpretación. Una limitación de esta investigación es el periodo de análisis (2013-2020) que se usó para obtener información desagregada. Las estimaciones pueden cambiar con la incorporación de una muestra temporal más grande.

Como futuras líneas de investigación se puede analizar cómo han sido los efectos a través del impulso de la generación de energía limpia a través de las metas planteadas por diferentes organismos públicos. También se recomienda analizar si los efectos diferenciados se pueden explicar por las diferencias en la reducción de la contaminación o de los incrementos de la productividad.

REFERENCIAS

- Abdollahi, Hooman (2020). Investigating Energy Use, Environment Pollution, and Economic Growth in Developing Countries. *Environmental and Climate Technologies*, 24(1), 275-293. <https://tinyurl.com/2ueyyxad>
- Abid, Mehdi (2020). The long-run and short-run effects of oil price on energy consumption in Tunisia: Evidence from structural breaks analysis. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 15(4), 252-277. <https://tinyurl.com/mryrk6dd>
- Abid, Nabila., Wu, Jianzu, Ahmad, Fayyaz, Draz, Muhammad, Chandio, Abbas y Xu, Hui (2020). Incorporating Environmental Pollution and Human Development in the Energy-Growth Nexus: A Novel Long Run Investigation for Pakistan. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17(14), 51-54. <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/14/5154>
- Acemoglu, Daron y Robinson, James A. (2012). *Por qué fracasan los países. Los orígenes del poder, la prosperidad y la pobreza*. Barcelona: Deusto.
- Adebayo, Tomiwa y Rjoub, Husam (2021). Assessment of the role of trade and renewable energy consumption on consumption-based carbon emissions: evidence from the MINT economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 58271–58283. <https://tinyurl.com/547m2udf>
- Acheampong, Alex, Boateng, Elliot, Amponsah, Mary y Dzator, Janet (2021) Revisiting the economic growth-energy consumption nexus: Does globalization matter?. *Energy Economics*, 102(1), 1-18. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988321003583>
- Adebayo, Tomiwa, Awosusi, Ayovamiji y Adeshola, Ibrahim (2020). Determinants of CO2 Emissions in Emerging Markets: An Empirical Evidence from MINT Economies. *International Journal of Renewable Energy Development*, 9(1), 411-422. <https://tinyurl.com/4hak7xs3>
- Alemán, Gibran, Casiano, Victor, Cárdenas, Diana, Díaz, Rocio, Scarlat, Nicolae, Mahlknecht, Jurgén, Dallemand, Jean y Parra, Roberto (2014). Renewable energy research progress in Mexico: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32(1), 140-153. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114000148>
- Alsaedi, Yasir, Anand, Tularam y Wong, Victor (2020). Impact of Solar and Wind Prices on the Integrated Global Electricity Spot and Options Markets: A Time Series Analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(2), 337-353. <https://www.econjournals.com/index.php/ijee/article/view/8939>
- Alvarado, Rafael, Ponce, Pablo, Alvarado, Raquel, Ponce, Katerine, Huachizaca, Viviana y Toledo, Elisa (2019). Sustainable and non-sustainable energy and output in Latin America: A cointegration and causality approach with panel data. *Energy Strategy Reviews*, 26(1), 1-10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19300562>

- Amblard, Pierre y Michel, Olivier (2013) The Relation between Granger Causality and Directed Information Theory: A Review. *Entropy*, 15(1), 113-143. <https://www.mdpi.com/1099-4300/15/1/113>
- Arrow, Kenneth (1962) The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155-173. <https://www.jstor.org/stable/2295952>
- Ayres, Robert y Kneese, Allen (1969). Production, Consumption & Externalities. *American Economic Review*, 59(1), 282-296. <https://www.jstor.org/stable/pdf/1808958.pdf>
- Azam, Anam, Rafiq, Muhammad, Shafique, Muhammad, Ateeq, Muhammad y Yuan, Jiahai (2021). Investigating the impact of renewable electricity consumption on sustainable economic development: a panel ARDL approach. *International Journal of Green Energy*, 18(11), 1185-1192. <https://tinyurl.com/2p9eyp8f>
- Balsalobre, Daniel., Ibañez, Luzon., Usman, Muhammad y Shahbaz, Muhammad. (2021). The environmental Kuznets curve, base on the economic complexity, and the pollution haven hypothesis in PIIGS countries. *Renewable Energy*, 185(1), 1441-1455. <https://tinyurl.com/49jvd9ks>
- Bekun, Festus, Gyamfi, Bridght, Onifade, Stephen y Agboola, Mary (2021). Beyond the environmental Kuznets Curve in E7 economies: Accounting for the combined impacts of institutional quality and renewables. *Journal of Cleaner Production*, 314(1), 1-10. <https://tinyurl.com/bdhvknxa>
- Belloumi, Mounir (2013). The relationship between trade, FDI and economic growth in Tunisia: An application of the autoregressive distributed lag model. *Economic Systems*, 38(1), 269-287. <https://tinyurl.com/feu5fhjx>
- Ben, Mehdi y Ben, Slim (2015). Output, renewable and non-renewable energy consumption and international trade: evidence from a panel of 69 countries. *Renewable Energy*, 83(1), 799-808. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096014811500350X>
- Ben, Mehdi, Ben, Slim y Ozturk, Ilhan (2016). Testing environmental Kuznets curve hypothesis: the role of renewable and non-renewable energy consumption and trade in OECD countries. *Ecological Indicators*, 60(1), 824-831. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X15004525>
- Bhattacharya, Mita, Reddy, Sudharshan, Ozturk, Ilhan y Bhattacharya, Sankar. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied Energy*, 162(1), 733-741. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261915013318>
- Brock, William y Taylor, Scott (2004). The Green Solow model. *Journal Economic Growth*, 15(1), 127-153. <https://www.nber.org/papers/w10557>
- Busu, Mihail (2020). Analyzing the Impact of the Renewable Energy Sources on Economic Growth at the EU Level Using an ARDL Model. *Mathematics*, 8(8), 1367. <https://www.mdpi.com/2227-7390/8/8/1367>

- Carrasco, Carlos y Ferreiro, Jesus (2011). Inflation Targeting and Economic Performance: The Case of Mexico. *Panoeconomicus*, 58(5), 675-692. <https://ideas.repec.org/a/voj/journal/v58y2011i5p675-692.html>
- Çelik, Orkun (2021). Assessment of the relationship between renewable energy and employment of the United States of America: Empirical evidence from spectral Granger causality. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(11), 13047–13054. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33484454/>
- Consejo de Energía Mundial (2016). *World Energy Scenarios 2016*. Reino Unido <https://tinyurl.com/ywhepdmn>
- Dickey, David y Fuller, Wayne (1979). Distribution of the Estimators for Autotregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431. <https://www.jstor.org/stable/2286348>
- El Moummy, Chama, Salmi, Yahya y Baddih, Hindou (2021). The role of renewable energy sector in reducing unemployment: The Moroccan case. *E3S Web of Conferences*, 234, 1-6. <https://tinyurl.com/2s3st6vy>
- Etokakpan, Mfonobong, Solarin, Sakiru, Yorucu, Vedutu, Bekun, Festus y Sarkodie, S. (2020) Modeling natural gas consumption, capital formation, globalization, CO2 emissions and economic growth nexus in Malaysia: Fresh evidence from combined cointegration and causality analysis. *Energy Strategy Reviews*, 31(1), 1-11. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X20300791>
- Engle, Robert y Granger, Clive (1987). Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276. www.jstor.org/stable/1913236
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1977). The steady state and ecological salvation: A thermodynamic analysis. *BioScience*, 27(4), 266–270. <http://www.jstor.org/stable/1297702>
- Gómez, Mario, Ciarreta, Aitor y Zarraga, Ainhoa (2015). Linear and Nonlinear Causality between energy consumption and economic growth: the case of Mexico 1965–2014. *Energies*, 11(4), 748. <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/4/784>
- Gómez, Mario, Ciarreta, Aitor y Zarraga, Ainhoa (2018). Consumo de energía, crecimiento económico y comercio: Un análisis de causalidad para México. *EconoQuantum*, 15(1), 53-72. <https://tinyurl.com/5a837xdk>
- Gonçalves, Solange, Rodriguez, Thiago y Chagas, André (2020). The impact of wind power on the Brazilian labor market. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 128 (1), 1-38. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032120301805>
- Granger, Clive (1988). Some Recent Development in a Concept of Causality. *Journal of Econometrics*, 39 (1-2), 199-211. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0304407688900450>

- Gutiérrez, Roberto (2014). Reformas estructurales de México en el sexenio de Felipe Calderón: la energética. *Economía UNAM*, 11(32), 32-58. <https://tinyurl.com/34zp8wcd>
- Hdom, Helde y Fuinhas, Jose (2020). Energy production and trade openness: Assessing economic growth, CO2 emissions and the applicability of the cointegration analysis. *Energy Strategy Reviews*, 30(1), 100488. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X20300419>
- He, Zonglu y Maekawa, Koichi (2001). On spurious Granger causality, Economics Letters. *Elsevier*, 73(3), 307-313. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165176501004980>
- Helpman, Elhanan y Krugman, Paul (1985). *Market Structure and Foreign Trade. Increasing Returns, Imperfect Competition, and the International Economy*. MA: MIT Press, Cambridge.
- Hicks, Jhon (1932) *The Theory of Wages*. Macmillan, London.
- Ibarra, Raul (2022). *The Yield Spread as a Predictor of Economic Activity in Mexico: The Role of the Term Premium*. Working Paper Banco de México. https://economia.lacea.org/Forthcoming%20papers/ibarra_yield_spread.pdf
- Ike, George, Usman, Ojonugwa, Adewale, Andrew y Sarkodie, Samuel (2020). Environmental quality effects of income, energy prices and trade: The role of renewable energy consumption in G-7 countries. *Science of the Total Environment*, 721(1), 1-10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720313255>
- INEGI. (2018). *Metodología del ajuste estacional 2017*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <https://tinyurl.com/hfhajnpa>
- INEGI. (2022). *Banco de Información Económica (BIE)*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?tm=0#bodydataExplorer>
- IRENA. (2015). *Renewable Energy Prospects: Mexico, REmap 2030 analysis*. IRENA, Abu Dhabi. www.irena.org/remap
- IRENA (2020). *What are the latest trends in renewable energy?*. IRENA <https://tinyurl.com/bdheh8np>
- Islas, Jorge, Manzini, Fabio y Martínez, Manuel (2001). Reduction of greenhouse gases using renewable energies in Mexico. *International Journal of Hydrogen*, 26(2), 145-149. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319900000422>
- Kirchgässner, Gebhard y Wolters, Jürgen (2007). *Introduction to Modern Time Series Analysis*. Springer.
- Kraft, Jhon y Kraft, Arthur (1978). On the relationship between energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 3(2), 401-403. <https://www.jstor.org/stable/24806805>
- Latief, Rashid, Kong, Yushend, Peng, Yuanyuan y Javeed, Sohail (2020). Conceptualizing Pathways of Sustainable Development in the Union for the Mediterranean Countries with an Empirical Intersection of Energy

- Consumption and Economic Growth. *International Journal Environmental Research Public Health*, 17(15), 5614. <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/15/5614>
- Le, Hoang (2020). The energy-growth nexus revisited: the role of financial development, institutions, government expenditure and trade openness. *Helyon*, 6(7), e04369. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020312135>
- Le, Hoang y Bach, Dang (2020). The energy consumption structure and African EMDE's sustainable development. *Helyon*, 6(4), e03822. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020306678>
- Le, Hoang y Sarkodie, Samuel (2020). Dynamic linkage between renewable and conventional energy use, environmental quality and economic growth: Evidence from Emerging Market and Developing Economies. *Energy Reports*, 6 (1), 965-973. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484719307802>
- Loaiza, Veronica (2018). Crecimiento económico y el uso de energía sustentable y no sustentable: un enfoque del caso ecuatoriano usando técnicas de cointegración. *Revista Killkana Scoiales*, 2 (3), 75-86. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6584510>
- Lutkepohl, Helmut (1982). Non-causality due to omitting variables. *J. Econometrics*, 19(2-3), 367-378. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0304407682900112>
- Maji, Ibrahim, Sulaiman, Chindo y Rahim, Abdul (2019). Renewable energy consumption and economic growth nexus: Afresh evidence from West Africa. *Energy Reports*, 5(1), 384-392.
- Marinaş, Marius, Dinu, Marin, Socol, Aura y Socol, Cristian (2018). Renewable energy consumption and economic growth. Causality relationship in Central and Eastern European countries. *PLoS ONE*, 13(10), e0202951. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0202951>
- Mele, Marco (2019). Renewable energy consumption: The effects on economic growth in Mexico. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(3), 269-273. <https://www.econjournals.com/index.php/ijeeep/article/view/7460>
- Menegaki, Angeliki (2019). The ARDL Method in the Energy-Growth Nexus Field; Best Implementation Strategies. *Economies*, 7(4), 1-16. <https://www.mdpi.com/2227-7099/7/4/105>
- Miranda, Raul, Hausler, Robert, Lopez, Rabindranath, Glaus, Mathias y Pasillas-Diaz, Jose (2020). Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis in North America's Free Trade Agreement (NAFTA) Countries. *Energies*, 13(12), 1-13.
- Nguyen, Ha y Ngoc, Bui (2020). Energy Consumption – Economic Growth Nexus in Vietnam: An ARDL Approach with a Structural Break. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(1), 101-110. <http://koreascience.or.kr/article/JAKO202014862061742.page>

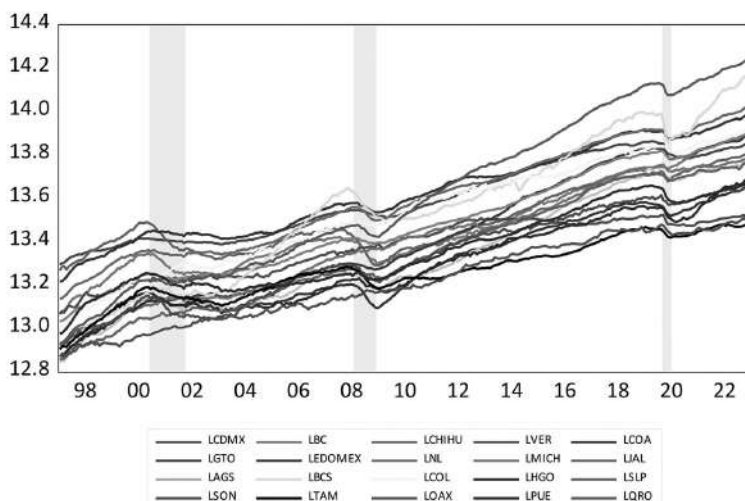
- Bryner, Nicholas (2016). People of the Sun: Leveraging Electricity Reform to Promote Renewable Energy and Climate Change Mitigation in Mexico. *Natural Resources Journal*, 56(2), 329-350. <https://digitalrepository.unm.edu/nrj/vol56/iss2/7/>
- Nordhaus, William (1973). The Allocation of Energy Resources. *Brookings Papers on Economic Activity*, 4(3), 529-576. <https://www.jstor.org/stable/pdf/2534202.pdf>
- Nordhaus, William (1977). Economic Growth and Climate: The Carbon Dioxide Problem. *The American Economic Review*, 67(1), 341-346. <https://www.jstor.org/stable/1815926>
- Odugbesan, Jamiu y Rjoub, Husam (2020). Relationship Among Economic Growth, Energy Consumption, CO2 Emission, and Urbanization: Evidence From MINT Countries. *SAGE open*, 1(15), 1-15. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2158244020914648>
- Ozcan, Burcu, Tzeremes, Panayiotis y Tzeremes, Nickolaos (2020). Energy consumption, economic growth and environmental degradation in OECD countries. *Economic Modelling*, 80, 203-2013. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264999318313245>
- Parab, Narayan, Naik, Ramashanti y Reddy, Y. (2020). Renewable Energy, Roreign Direct Investment and Sustainable Development: An Empirical Evidence. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(5), 479-484.
- Payne, James (2010). Survey of the international evidence on the causal relationship between energy consumption and growth. *Journal of Economic Studies*, 37, 37-53. <https://tinyurl.com/asheuw9a>
- Pérez, Ismael, García, Agustín y Maldonado, Juan (2020). Energy Transition Towards a Greener and More Competitive Economy: The Iberian Case. *Sustainability*, 12(8), 33-43. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/8/3343>
- Pesaran, Hashem, Shin, Yongcheol y Smith, Ron (1999). Pooled mean group estimation of dynamic heterogeneous panels. *Journal of the American Statistical Association*, 94(446), 621-634. <https://ideas.repec.org/p/edn/esedps/16.html>
- Pesaran, Hashem, Shin, Yongcheol y Smith Ron (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289-326. <https://ideas.repec.org/a/jae/japmet/v16y-2001i3p289-326.html>
- Phillips, Peter y Perron, Pierre (1988). Testing for a unit roots in a time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346. <https://www.jstor.org/stable/2336182>
- Pilatowska, Mariola, Geise, Andrzej y Włodarczyk, Aneta (2020). The Effect of Renewable and Nuclear Energy Consumption on Decoupling Economic Growth from CO2. Emissions in Spain. *Energies*, 13(9), 21-24. <https://tinyurl.com/yee2yems>

- Qamruzzaman, Md. y Jianguo Wei. (2020). The asymmetric relationship between financial development, trade openness, foreign capital flows, and renewable energy consumption: Fresh evidence from panel NARDL investigation. *Renewable Energy*, 159, 827-842. <https://ideas.repec.org/a/eee/renene/v159y2020icp827-842.html>
- Rafindadi, Abdulkadir y Ozturk, Ilhan (2016). Effects of financial development, economic growth and trade on electricity consumption: Evidence from post-Fukushima Japan. *Renewable and Sustainable Energy*, 54, 1073-1084. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115011028>
- Raza, Muhammad, Ahmed, Ahmed, Alshebami, Ali y Polyakova, Aleksandra (2020). Renewable energy use and its effects on environment and economic growth: Evidence from Malaysia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(5), 50-57. <https://www.econjournals.com/index.php/ijee/article/view/10219>
- Razmi, Seyedeh, Ramezani, Bajgiran, Behname, Mehdi, Salari, Taghi y Razmi, Seyed (2020). The relationship of renewable energy consumption to stock market development and economic growth in Iran. *Renewable Energy*, 145, 2019-2024. <https://profdoc.um.ac.ir/articles/a/1075936.pdf>
- Romer, Paul (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98, 71-102. <https://www.jstor.org/stable/2937632>
- Said, Said y Dickey, David (1984). Testing for Unit Roots in Autoregressive-Moving Average Models of Unknown Order. *Biometrika*, 71(3), 599-607. <https://www.ssc.wisc.edu/~bhansen/718/SaidDickey1984.pdf>
- SCICA. (2022) *Monitoreo automatico de emisiones de CO*. <http://scica.inecc.gob.mx/exec/addl>
- SEGOB. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo. 2013-2018*. Programa especial para el aprovechamiento de energías renovables. <https://tinyurl.com/dvjrs7y4>
- SENER. (2020). *Programa Sectorial de Energía 2020-2024*. Secretaría de Energía. <https://tinyurl.com/4974cmxf>
- Shahbaz, Muhammad, Nasreen, Samia, Ling, Chong y Sbia, Rashid (2014). Causality between Trade Openness and Energy Consumption: What Causes What in High, Middle and Low Income Countries. *The Pakistan Development Review*, 53(4), 423-458. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421514001761>
- Shrestha, Min, y Bhatta, Guna (2018). Selecting appropriate methodological framework for time series data analysis. *The Journal of Finance and Data Science*, 4(2), 71-89. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405918817300405>
- SIE (2022) *Generación bruta de CFE más PIEs por tecnología*. Sistema de información energética. <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cveca=IIIA1C05>

- Singh, Nadia, Nyuur, Richard y Richmond, Ben (2019). The work that goes into renewable energy. *Washington: Renewable Energy Policy Project (REPP)*. https://globalurban.org/The_Work_that_Goes_into_Renewable_Energy.pdf
- Solow, Robert (1956). Contribution to the Theory of Economic Growth, *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94. <http://piketty.pse.ens.fr/files/Solow1956.pdf>
- Solow, Robert (1974). The Economics of Resources or the Resources of Economics. *The American Economic Review*, 64(2), 1–14. <https://www.uvm.edu/~jfarley/237/solow%20e%20of%20r.pdf>
- Stock, James y Watson, Mark (2001). Vector Autoregressions. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4), 101–115. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.15.4.101>
- Sulub Yasin, Hamid, Zarinah y Nazri Mior (2020). Renewable energy supply and economic growth in malaysia: An application of bounds testing and causality analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(3), 255–264. <https://www.econjournals.com/index.php/ijee/article/view/8980>
- Toda, H. y Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66 (1-2), 225–250. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0304407694016168>
- Tong, Teng, Ortiz, Jaime, Xu, Chuanhua y Li, Fangjhy (2020). Economic growth, energy consumption, and carbon dioxide emissions in the E7 countries: a bootstrap ARDL bound test. *Energy, Sustainability and Society*, 10(1), 1–17. <https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-020-00253-6>
- Tsaurai, Kunofiwa y Ngcobo, Lindiwe (2020). Renewable Energy Consumption, Education and Economic Growth in Brazil, Russia, India, China, South Africa. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(2), 26–34. <https://www.econjournals.com/index.php/ijee/article/view/8497>
- Tursoy, Turgut y Faisal, Faisal (2018). The impact of gold and crude oil prices on stock market in Turkey: Empirical evidences from ARDL bounds test and combined cointegration. *Resources Policy*, 55(1), 49–54. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301420717300727>
- Usman, Muhammad, Kousar, Rakhshanda, Rizwan, Muhammad y Sohail, Muhammad (2020). An empirical nexus between economic growth, energy utilization, trade policy, and ecological footprint: a continent-wise comparison in upper-middle-income countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 38995–39018. <https://tinyurl.com/9hjh4ka4>
- Yang, Minyoung y Kim, Jinsoo (2020). Revisiting the Relation between Renewable Electricity and Economic Growth: A Renewable–Growth Hypothesis. *Sustainability*, 12(8), 3121. <https://tinyurl.com/57heyhz8>



El Observatorio de los Ciclos Económicos de México (OCEM) tiene como objetivo identificar las fases de expansión y recesión de los ciclos económicos de los treinta y dos estados de México, para lo cual se utiliza la serie mensual del número de trabajadores afiliados al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).



Página web: <https://ocemciceuaemex.wixsite.com/ocemciceuaemex>

Facebook: <https://www.facebook.com/OCEMCICE>



Centro de Investigación en Ciencias Económicas



Bibliometría sobre Economía Circular, 2017-2022

GLENDAMARISA CHÁVEZ GALLEGOS*
CARLOS FRANCISCO ORTIZ-PANIAGUA**

RESUMEN

La Economía Circular (EC) emerge como alternativa a la insostenibilidad de la economía lineal y, cada vez se produce más información y más propuestas científicas. Esta tendencia señala la importancia que va adquiriendo la disciplina. Este artículo tiene como objetivo analizar el comportamiento de la producción científica en materia de EC mediante un estudio bibliométrico empleando la base de datos *Web of Science*, 2017-2022. Los resultados muestran que en dos años se ha cuatriplicado la producción científica, identificando 136 grupos de trabajo, entre otros hallazgos destacan cuatro equipos de investigadores en torno al tema de logística inversa con el mayor número de citas en el tema. De las 377 publicaciones sobre EC, el análisis de citas conduce a redes con pocos nodos, lo que sugiere que son estudios poco analizados en la literatura, sin embargo, en la co-citación se muestra mayor interés en los vínculos entre artículos.

Palabras clave: Economía circular, Web of Science, Bibliometría, Economía lineal, Sustentabilidad, Transformación económica.

Clasificación JEL: Q5, Q56, Q57.

* Estancia posdoctoral en el Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

Correo electrónico: glenda.chavez@umich.mx. ORCID: 0000-0002-9982-4514.

** Profesor-investigador de tiempo completo del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

Correo electrónico: carlos.ortiz@umich.mx. ORCID: 0000-0003-3645-1527.

ABSTRACT

Bibliometrical of Circular Economy, 2017-2022

The Circular Economy (CE) is emerging as an alternative of the linear economy unsustainability and more information and scientific proposals are being produced. This trend indicates the importance that CE is acquiring. This article aims to analyze the behavior of scientific production on CE through a bibliometric study using the Web of Science database, 2017-2022. The results show that in two years scientific production has quadrupled, identifying 136 working groups, among other findings, four teams of researchers stand out on the subject of reverse logistics, with the highest number of citations on the subject. Of the 377 publications on CE, the citation analysis leads to networks with few nodes, which suggests that they are studies little analyzed in the literature, however, in co-citation, greater interest is shown in the links between articles.

Keywords: Circular economy, Web of science, bibliometrics, linear economy, sustainability, Sustainability, Transformative economies.

JEL Classification: Q5, Q56, Q57.

INTRODUCCIÓN

La Economía Circular (EC) se suma a los esfuerzos por fomentar la sustentabilidad en la práctica a partir de un concepto de emular a la naturaleza, cerrar el ciclo de la materia y diseñar sistemas de soporte de vida bio-regenerativos para reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas (Sreeharsha y Venkata, 2021). Su origen parte de la necesidad de tener un cambio en la economía actual, generadora de exceso de residuos y altas tasas de consumo, que rebasan las capacidades de absorción y procesos productivos con impacto negativo, lo que supone una economía lineal en ciclos de vida cortos y rápidamente desechados, esto obliga a re-pensar el balance en los pilares de la sostenibilidad (Murray *et al.*, 2017).

Bajo este contexto, ha crecido la importancia de implementar procesos de EC para modificar economía lineal, dado que, para alcanzar la sostenibilidad, se deben implementar acciones concretas como: 1) desvincular la producción de fertilizantes de materias primas minerales y fósiles; 2) establecer un mercado diverso de energías renovables que utilice residuos de biomasa y; 3) extraer el máximo valor de los residuos

mixtos (Sherwood, 2020). Esto no quiere decir que sea la única solución, pero ha sido ampliamente aceptada por algunos gobiernos que han invertido recursos significativos en investigación para superar la economía lineal, que cada vez hay mayor evidencia de su insostenibilidad (Ball *et al.*, 2019).

La necesidad de una conversión de la economía lineal a una EC, radica en el aumento de la población mundial y la fabricación de bienes de consumo que se descartan probablemente debido a la dinámica del cambio tecnológico a la obsolescencia y al cambio en las tendencias o modas (Allwood *et al.*, 2011). La humanidad enfrenta retos de gran magnitud como: cambio climático, contaminación, deforestación, degradación del suelo, pérdida de biodiversidad, conflictos sociales por los recursos naturales, pobreza, ignorancia e injusticia como amenaza a la prosperidad, seguridad y estabilidad mundial (Quinché-Martín y Cabrera-Narváez, 2020; Murga-Menoyo, 2009; Martínez, 2008). Es por ello indispensable tomar medidas inmediatas para el aprovechamiento sostenido de los recursos naturales y la circularidad de los residuos (Gil-Lamata y Latorre-Martínez, 2022) y se estaría perfilando como un nuevo paradigma de la sustentabilidad (Geissdoerfer *et al.*, 2017).

Para llegar al diseño de propuestas y estrategias que procuren este propósito, es necesaria la producción de conocimiento que apoye en la toma de decisión con fundamentos científicos. Mismos que pudieran promover políticas, experiencias, tecnologías y gestión, encaminadas a la sostenibilidad y la mejora del bienestar social, lo que necesariamente implica una mejora de la calidad de los ecosistemas y el medio ambiente. En este sentido, el objetivo del presente estudio es proporcionar una visión de las tendencias en la producción de conocimiento científico sobre la EC para el período 2017-2022 (hasta abril), esto suponemos que ayudará al establecimiento de una agenda de investigación en la materia, dado que la presentación sistemática del tema de permitiría una exploración de mayor profundidad.

La estructura y organización del presente es como sigue, después de este apartado introductorio, se exponen los antecedentes de la EC, y una evolución conceptual. En la segunda sección se exponen la selección, el análisis de la muestra y las técnicas bibliométricas empleadas. Los resultados se presentan y discuten en el tercer apartado, con la serie de dimensiones que han adquirido importancia dentro de la EC. Finalmente se muestran las conclusiones, destacando las contribuciones más

significativas del estudio, así como sus limitaciones, futuras direcciones de investigación e implicaciones generales.

1. ANTECEDENTES Y ELEMENTOS CONCEPTUALES DE LA ECONOMÍA CIRCULAR (EC)

En las últimas décadas, grupos de académicos de diversas disciplinas y perspectivas de las ciencias, han estudiado activamente soluciones a los problemas socio-ambientales crecientes (Cone y Hayes, 1980). Uno de los aspectos que ha llamado la atención en el plano económico es el continuo cuestionamiento a la economía lineal, surgiendo múltiples tipos de prácticas, análisis y alternativas que inevitablemente redundarán en la circularidad para un sistema sostenible (Sariatli, 2017). Se distinguen también factores positivos, teorías y fenómenos relacionados con las economías transformadoras (Sala-Garrido *et al.*, 2022).

Debido al cambio climático, la contaminación y el agotamiento de recursos, se han promovido varias medidas, como el reciclaje o la reducción gradual de combustibles fósiles, desde hace varios años. Sin embargo, estas medidas parecen ser insuficientes, ya que la mayoría de los residuos no son reciclables, más aún, son acumulativos. Desde esa perspectiva, la EC fomenta la reducción de: uso de productos tóxicos, huella hídrica, huella de carbono y uso de recursos (Kirchherr *et al.*, 2017). Otro de los aspectos que sugiere la EC es la transición energética hacia energías renovables, opción que ha avanzado a un ritmo lento de transición, apenas 1.5% en 25 años (Smil, 2020).

Las propuestas de EC no se han hecho esperar, y uno de los sectores más dinámicos es el empresarial, que ha innovado en modelos de negocio orientados a la EC a lo largo de las cadenas de valor (Lüdeke-Freund *et al.*, 2018; Pieroni *et al.*, 2019). A medida que las empresas asumen la responsabilidad de lo que sucede con los bienes que ellos producen el conjunto de problemas ambientales podría superarse a medida que se incide sobre tendencias y políticas de desarrollo, de manera que la EC conforma un paso importante hacia el desarrollo sostenible mediante negocio del reciclaje. (Tetsman *et al.*, 2017).

Como un tema en tendencia “*hot topic*”, entre la mayoría de los académicos y los profesionales, la EC ha crecido exponencialmente de manera reciente, tal como demuestra el aumento exponencial de las publicaciones sobre el tema en revistas de alto impacto (Belmonte-Ureña

et al., 2021; Camon y Celma, 2020; Kirchherr, Reike y Hekkert, 2017). Al iniciar el análisis, se puede observar que entre el año 2017 y 2021 creció de manera exponencial la cantidad de artículos publicados en la *Web of Science (WoS)* en los que se aborda la EC. Durante el 2017 fueron publicados 21 artículos y para 2021 alcanzó la cifra de 125.

Los estudios bibliométricos sobre EC aportan hallazgos importantes sobre las tendencias y el estado del arte en la materia. Se trata de un área de investigación en expansión en tres aspectos: 1) más investigadores que son atraídos y trabajan en la disciplina; 2) aumento de las publicaciones en la materia; 3) aumento de las citas. Por lo que se sugiere promover redes de investigación de los equipos especializados en distintas partes del mundo, en particular la Unión Europea (Domingues y Reis, 2020).

Los académicos estudian la EC desde diferentes perspectivas y definiciones, límites de uso y disposiciones conceptuales, como se establece en las principales publicaciones científicas. La propia EC como un sistema de circuito cerrado que retoma lo básico, como: reducir, reutilizar, reciclar y restaurar materiales en producción/distribución y en procesos de consumo (Bastein *et al.*, 2013). A partir de lo que propone la operación a nivel micro, es decir, con productos, empresas y consumidores, a nivel meso, es decir, parques ecoindustriales y nivel macro que se refiere a un nivel país para aspirar al desarrollo sostenible y mientras tanto crear calidad ambiental, prosperidad económica y justicia social, en interés presente y para generaciones futuras (Bartl *et al.*, 2019).

Luego de estudiar un número significativo de fuentes académicas en torno a la EC, los aspectos principales que refieren su revisión, apuntan además a destruir los desechos a través de un cuidadoso diseño (Kolmykova *et al.*, 2020; Stahel, 2017), también el enfoque hacia mercados de gente joven, impulsa los diseños atractivos y sofisticados (Kovacs, 2021a). Por otra parte, la EC sirve para la reutilización y el *remarketing* de bienes, la extensión de la vida útil del producto y el reciclaje, dicho de otra manera es un sistema industrial basado en la reutilización de productos y materias primas y la capacidad de renovación de los recursos naturales, que también busca minimizar la destrucción de valor en el sistema común y maximizar la creación de valor en cada enlace en el sistema (Geissdoerfer *et al.*, 2017).

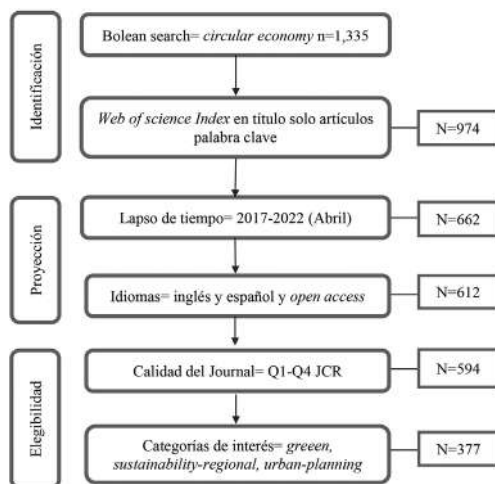
Luego entonces se puede concluir que los conceptos de negocio de la EC reciben un importante ímpetu entre los practicantes e investigadores para diversos objetos. Una revisión de la literatura publicada muestra,

al momento, un predominio de los estudios que evalúan los efectos de la economía lineal tradicional sobre el medio ambiente en comparación con los estudios que evalúan el impacto de la EC, lo que da cuenta del énfasis y la evolución en la disciplina, desde la perspectiva metodológica del análisis bibliométrico, que se describe a continuación.

2. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente apartado se describen la técnica empleada y la selección de la muestra. En primer lugar, el análisis de contenido y estudio bibliométrico se hizo para identificar artículos científicos que permiten la construcción de un marco teórico en torno al concepto, a partir de sus características, tipos, implicaciones y similitudes con otros términos utilizados. Esto nos brinda información y datos acerca de la evolución de la producción científica de un tema específico y desglosa el comportamiento de su información a través de redes, gráficos y tablas, estos elementos que también permiten ubicar vacíos en la literatura.

DIAGRAMA 1
DIAGRAMA PRISMA DE LA REVISIÓN BIBLIOMÉTRICA



Fuente: Elaboración propia con base en información de WoS y PRISMA.

Una revisión de la literatura parece ser un enfoque válido para revisar a fondo y estructurar un área de investigación. Por lo tanto, una revisión

de la literatura ayuda a identificar el contenido conceptual del área de investigación (Meredith, 1993), y ofrecer una guía para identificar el desarrollo de una teoría y una revisión sistemática de la literatura y para aclarar la metodología de investigación. A continuación, el Diagrama 1 describe el procedimiento empleado con base en el diagrama de flujo de procedimientos PRISMA.

2.1. *Recolección de material*

La recolección de material y la unidad de análisis son los primeros pasos del proceso de revisión de literatura. La revisión de unidad de análisis se ha definido como un único artículo de investigación. El estudio se realizó en dos etapas. La primera etapa consistió en seleccionar la base de datos internacional CLARIVATE ANALYTICS, enfocándola en la colección principal *Web of Science core collection* (<https://clarivate.com/products/web-of-science/>). La selección de esta base de datos fue por los siguientes motivos:

1. *WoS* ha sido considerado como una de las bases de datos más importantes del mundo, para el análisis bibliométrico (Chen, *et al.*, 2014). proporciona registros más estandarizados que otras bases de datos y con análisis más detallados (Hou *et al.*, 2015). Esto constituye una fortaleza para los estudios bibliométricos en diversos campos del conocimiento con amplia diversidad. En este sentido, *WoS* es adecuado para buscar y analizar recursos de acceso abierto en lo referente a publicaciones (Dorta-González *et al.*, 2017).
2. Las bases de datos, *WoS* y SCOPUS, ofrecen herramientas sólidas para medir la ciencia, los indicadores de producción científica y citas por país son estables y en gran medida independientes de la base de datos, además de que ambos sistemas agrupan los índices de citas (Archambault *et al.*, 2009).
3. Amplias ventajas de potenciar el impacto del investigador, que se complementa con otros sitios web de elaboración de perfiles, lo que ayuda a la infrautilización de varios sitios web de creación de perfiles y sus usos inapropiados para la promoción de revistas “depredadoras” (Gasparyan *et al.*, 2017)

A su vez, *WoS* fue seleccionada por su cobertura, accesibilidad, aceptación y obtención de publicaciones. Si bien, el número de revistas y publicaciones y el factor de citación son equiparables a la base de

datos Scopus (Pranckutė, 2021), se acotó por el acceso que tuvimos para realizar la investigación dada la suscripción académica que nos permitió la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

En la segunda etapa se estableció como criterio de búsqueda en la base de datos el siguiente algoritmo: TÍTULO: (*circular economy*), e índices (*SCI-EXPANDED*). Esto significa que todos los documentos que incluyan únicamente de forma precisa o combinada en el título las palabras “*circular economy*” y con estas características se identificaron 974 entradas. Posteriormente se continúa con una búsqueda más refinada identificando como criterio las publicaciones en idiomas inglés y español de las cuales se obtuvieron un total de 662 entradas para posteriormente refinar aún más la búsqueda para acotar el criterio al periodo de 2017-2022 y únicamente con *open access* para identificar un total de 612 documentos, y finalmente se refina la búsqueda por categorías de interés para terminar con un total de 377 artículos y se inició con el análisis de los indicadores obtenidos.

El procesamiento de los datos se llevó a cabo con la ayuda del software VOSviewer versión 1.6.16 software. VOSviewer es una herramienta que permite mapear y visualizar la información disponible (Van Eck y Waltman, 2009). Se construyeron redes de coautoría para autores, países e instituciones, la citación para fuentes y publicaciones, y de co-ocurrencia entre palabras clave. A partir de los mapas elaborados se realizó un análisis descriptivo de la muestra.

3. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

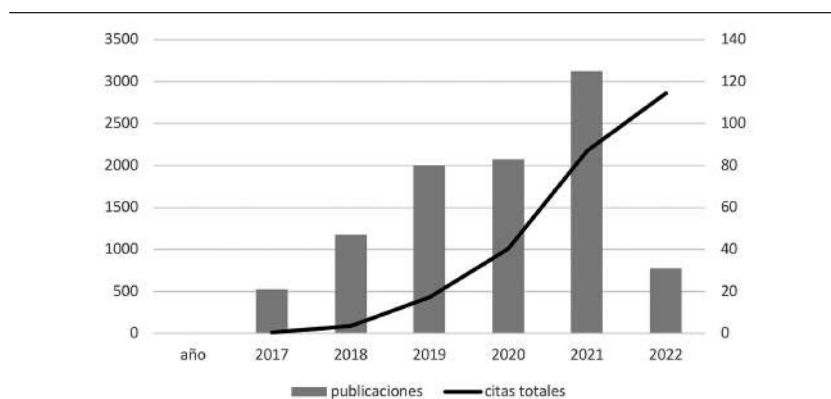
El estudio de EC se compone por 377 artículos con 1,121 autores contribuyen sobre el tema y provienen de 73 países. El factor de citación *H-index* es de 37, lo cual indica el impacto y la productividad de las citas de las publicaciones. Uno de las limitantes de esta búsqueda es que se empleó el término economía circular y no se incluyeron términos o palabras relacionadas, con la finalidad de delimitar la búsqueda. En la Figura 1 se puede observar la evolución de la producción científica sobre el tema especialmente del año 2017 al 2022.

La Figura 1 muestra la evolución de la producción científica en el tema EC. Tal como se observa, el interés por la EC ha ido en aumento año con año, en el 2021 la producción científica fue de 125 artículos que al compararlo con el año 2020 supera la producción en un 50%, en tanto

que los años 2019 y 2020, se mantuvieron sin cambio, mientras que casi duplicaron la producción de artículos en 2018. El primer trimestre del 2022 indica que la producción de artículos es equiparable al 100% de la producción total del año 2017, por lo que apunta a que continua una tendencia creciente.

Respecto a la evolución en la citación se puede observar una evolución desencadenante respecto de un año a otro. Mientras que en el año 2017 el número de citaciones fue de 21, al 2018 se elevó significativamente a 103, para el 2019 el número fue de 366 y al 2020 fueron 785 citas, en 2021, se duplicó la cifra llegando a 1637 y el año 2022 hasta abril que fue la fecha de corte para este análisis se llevaban 1963 citas, apreciando un comportamiento exponencial. Por lo que es posible afirmar que la disciplina de EC ha cobrado importancia, ganado presencia y en gran medida obedece a las publicaciones existentes y por supuesto la problemática actual.

FIGURA 1
NÚMERO DE ARTÍCULOS PUBLICADOS EN EL TEMA EC



*2022 solo contempla al mes de marzo.

Fuente: Elaboración propia con base en información de WoS.

Al analizar la composición de la producción académica se puede observar que la mayoría de los artículos contienen las palabras clave “*circular economy*”, “*management*”, “*innovation*” y “*sustainability*” dentro del marco de principales palabras clave utilizadas por los autores de manera que se relacione el tema con los conceptos con mayor interconexión. Tal como se observa en las Figuras 2 y 3 la red

de co-ocurrencia se construye con el propósito de identificar conceptos asociados con el tema EC. Por lo que aparecen como significativas en primer orden las palabras (traducidas): diseño, recuperación, reciclaje, ciclo de vida, evaluación, ecología, optimización, impactos, flujo metales, inventos, reindustrialización, circuito cerrado, flujos y residuo electrónico.

En otro orden aparecen las palabras (traducidas): logística inversa, cadena de valor, logística, sustentabilidad ambiental, creación de valor, modelo de negocios, estrategias, transición, políticas, tecnologías, industria 4.0, circularidad y conciencia, principalmente. De manera que, se puede apreciar la red de palabras clave que van en co-ocurrencia, que apoya el conocimiento de hacia dónde se relaciona y se conduce la narrativa del tema en términos cuantitativos en cuanto a las búsquedas relacionadas. Esto nos da una clara idea del marco teórico, con el estado del arte y su construcción discursiva, con las investigaciones, intereses y hallazgos en EC.

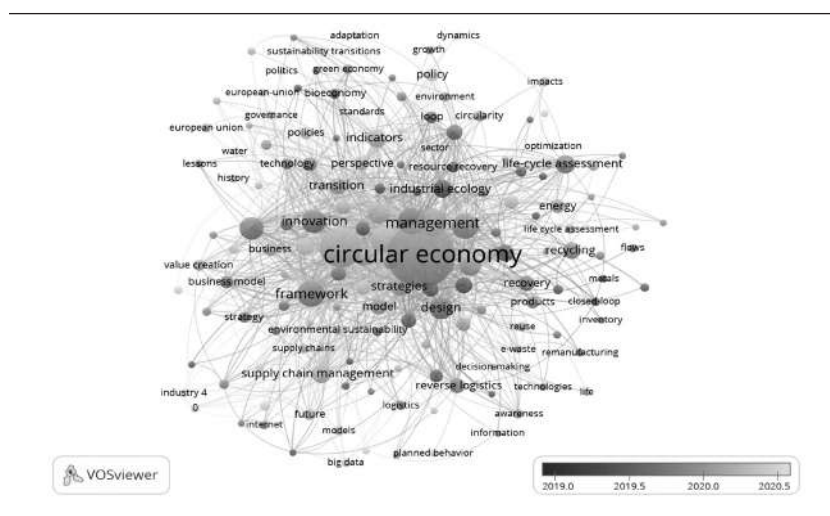
En el mismo sentido, se asignó un número mínimo de dos ocurrencias por palabra clave para construir esta red y se lograron detectar un total de 152 palabras clave, para cada una se calcula la fuerza total de los enlaces de co-ocurrencia con otras palabras clave y en las Figuras 2 y 3 se observan las palabras con mayor fuerza encontradas en la base de datos WoS.

Como se observa en la Figura 2 es posible afirmar que los conceptos o palabras mayormente asociadas a “*circular economy*” son: ecología industrial, energía, reciclaje, recuperación, ciclo cerrado, e-waste, productos, asesoría en el ciclo de vida, optimización, recuperación de recursos, flujos y remanufactura. Estos conceptos señalan claramente el camino hacia otro tipo de investigación en donde se incorpora la EC como un concepto holístico capaz de aportar a diversas áreas sobre todo en temas ambientales y con un alta relación con la cadena de suministro.

Por otra parte, las palabras o conceptos con los que suele asociarse la palabra “*circular economy*” en su mayoría son: innovación, gestión, estrategias, estructura y cadena de suministro, lo cuál sugiere que el trabajo académico tiene una tendencia a ser aplicado en específico al entorno industrial y empresarial.

son sin duda los temas que están tomando más fuerza derivado de la situación actual del planeta, y que sin duda guardan una estrecha relación con el tema principal de estudio la economía circular. Por otra parte, es posible apreciar que el concepto de EC se establece como dominante a principios de 2020, en donde es posible afirmar que la palabra y su conceptualización predomina en los temas relacionados o de interés.

FIGURA 3
FLUJO DE CO-OCURRENCIA DE PALABRAS CLAVE

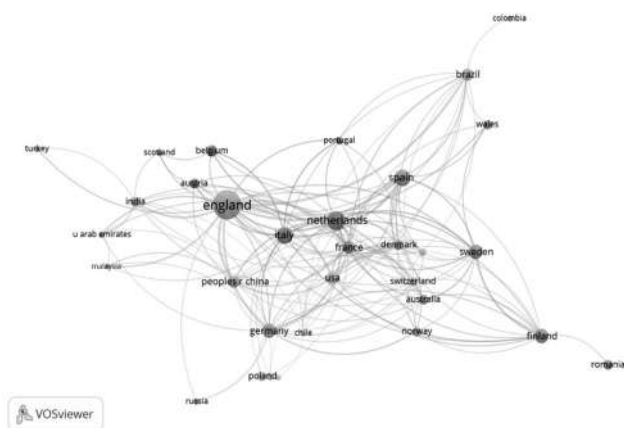


Fuente: Elaboración propia con base en información de WoS.

Respecto a la procedencia de los artículos de EC, la red construida a partir de los datos obtenidos en *web of science*, muestra a los países con mayor cantidad de publicaciones en el tema “*circular economy*” en la Figura 4 se ven reflejados por círculos según tamaño representa la actividad, su impacto se ve reflejado por el color amarillo y se refiere al número de citas y la proximidad cognitiva entre los elementos, es decir, la posición de los elementos en el mapa influye en su relación. El país que destaca con mayor número de publicaciones es Inglaterra con el 30% de las publicaciones, seguido de Holanda con el 16% e Italia con el 13% de las publicaciones tal como se puede apreciar tanto en la red de co-ocurrencia como en el flujo de co-ocurrencia que es representado por la Figura 5.

En la Figura 4 se visualiza la co-autoría entre países. Cada círculo es la representación del trabajo desarrollado dentro de un país y el tamaño de cada círculo es definido por la producción del mismo, es importante mencionar que con respecto a la producción solo se está contemplado un periodo de 2017-2022, por lo que los trabajos previos no forman parte de este análisis, por otra parte la función en el software se llevó a cabo con la condicionante de que se tuvieran dos artículos o más con la palabra clave “*circular economy*”, derivado de esta condicionante se puede observar que el país con mayor producción es Inglaterra que forma una base sólida para otros países como China, India y Emiratos Árabes entre otros.

FIGURA 4
RED DE CO-OCURRENCIA DE PAÍSES

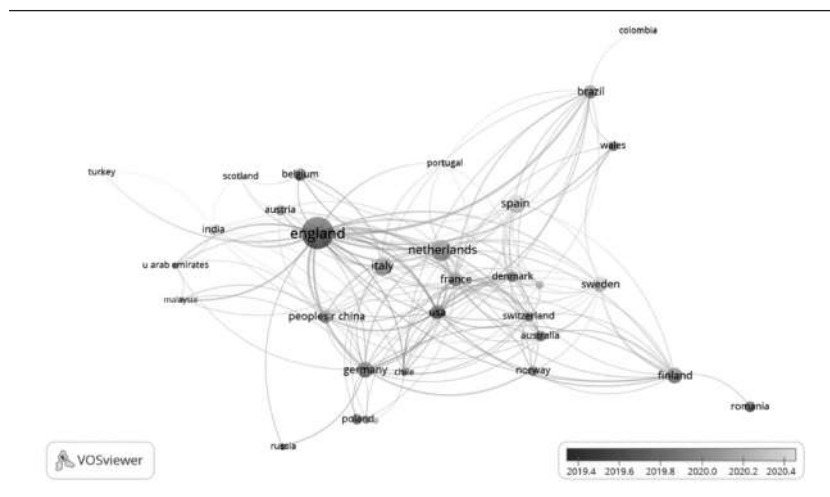


Fuente: Elaboración propia con base en información de WoS.

Se puede apreciar que el nodo más importante de la discusión del tema EC es Inglaterra, mismo que conecta directa e indirectamente a todos los demás. De manera que se puede decir que para los últimos cinco años, con mayor énfasis en 2019, este país ha tenido gran influencia en la narrativa del tema, la generación del conocimiento y experiencias documentadas en términos de la innovación por la EC, así como en la difusión y divulgación científica. A partir de 2020, Holanda y España han ejercido gran influencia en la publicación y difusión de conocimiento en la materia, por lo que se constituyen en importantes nodos a seguir en el estado del arte de los próximos años. Al realizar una

segunda búsqueda para corroborar si existe una colaboración entre países se puede afirmar que de existir no está formalizada como tal, por lo que es importante mencionar que la búsqueda no arrojó un resultado positivo en este aspecto en particular.

FIGURA 5
FLUJO DE CO-OCURRENCIA DE PAÍSES



Fuente: Elaboración propia con base en información de WoS.

Para tener un mejor panorama, la Tabla 1 muestra los autores más significativos y con mayor producción en el tema en consideración, por orden de importancia.

TABLA 1
AUTORES CON MAYOR PRODUCCIÓN EN WOS

No.	Autor	Artículos Publicados
1	Blumberga, D	6
2	Dabrowski M	4
3	Nunes, LJR	4
4	Pearce, JM	4
5	Tsai, WT	4
6	Williams, I	4
7	Bartl, A	3
8	Berruti, G	3
9	Birrat, JP	3
10	Cerreta. M	3

Fuente: Elaboración propia con base en información de WoS.

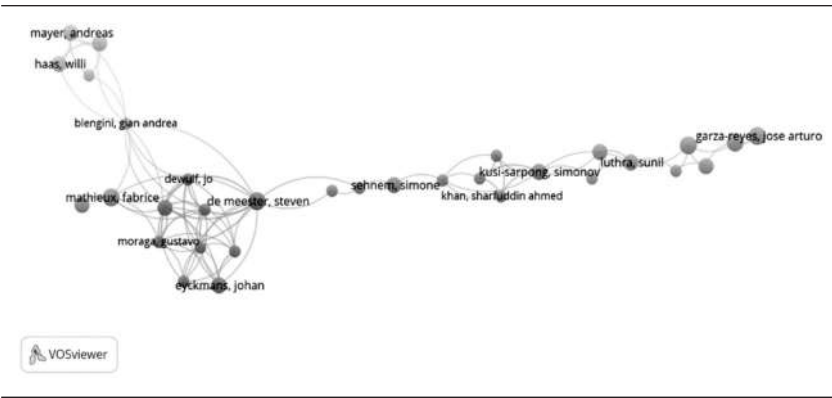
TABLA 2
AUTORES MÁS CITADOS EN WOS

No.	Autor	Citas registradas	Documentos Publicados
1	Kumar, A	33	3
2	Luthra, S	26	2
3	Mangla, Sk	26	2
4	Khan, SAR	23	2
5	Yu, Z	23	2
6	Kazancoglu, Y	22	1
7	Singh, Rk	22	1
8	Garza-Reyes, JA	21	4
9	Jabbour, ABLD	20	1
10	Kumar, V	20	2

Fuente: Elaboración propia con base en información de WoS.

La Tabla 2 muestra los autores más citados que no necesariamente son los más productivos en los últimos 5 años pero sí los autores que más influyen en el tema economía circular y los toman como base. La Figura 6 muestra los autores con mayor producción y su interrelación con el resto de los autores con menor producción, la Figura 6, describe como se desprende el conocimiento; es decir, que autores son tomados en cuenta para el desarrollo de la mayoría de los trabajos académicos. También muestra la cantidad de artículos o producción; es decir, la intensidad de trabajo, así como quienes son los autores principales en WoS.

FIGURA 6
RED DE CO-OCURRENCIA DE AUTORES



Fuente: Elaboración propia con base en información de WoS.

Tal como se observa en la Figura 6 existen cinco clústeres de académicos en donde el clúster principal está integrado por Steven de Meester y Fabrice Mathieux como autores principales, o con mayor actividad y de ahí se desprenden el resto de los clúster y autores. Es importante mencionar que, para este trabajo, únicamente se contemplaron los autores con más de dos artículos publicados y en el periodo de 2017-2022, por lo que solo aparecen los autores que tuvieron mayor producción en este periodo.

La producción de artículos relacionada con el tema EC, como se puede observar en la Figura 3, comienza a tomar fuerza e importancia en el año 2019 si se observa de manera comparativa con años previos se puede apreciar que en el año 2017 únicamente se contaba con 21 publicaciones al respecto. Al analizar la progresión de publicaciones en dos años se cuatuplicado la producción derivada del gran interés que se tiene en torno a este tema en particular. La concentración de publicaciones se centra principalmente en dos revistas o dos categorías *Engineering enviromental* con 243 publicaciones en total y *Management* con 121 publicaciones respectivamente, estas revistas se identificaron que su principal temática es la metodología y los modelos de implementación dentro de las estructuras sociales y gubernamentales de modo que se logre tener un programa que cumpla con los lineamientos teóricos y prácticos de la EC.

TABLA 3
ARTÍCULOS MÁS CITADOS EN WOS

No.	Título/Documento	Autor	Año
1	Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications	Genovese, A;Acquaye, Adolf	
2	Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations	Jabbour, ABLD	
3	Remanufacturing for the circular economy: an examination of consumer switching behavior	Hazen, BT; Mollenkof, DA & Wang, YC	
4	Circular economy business models: The state of research and avenues ahead	Ferraso, M; Beliaeva, T; Ribeiro-Soriano	
5	The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies	Kristoffersen, E; Blomsa, Mikalef; Li, JY	

TABLA 3 (CONTINUACIÓN)

No.	Título/Documento	Autor	Año
6	Circular economy in corporate sustainability strategies: A review of corporate sustainability reports in the fast-moving consumer goods sector	Stewart, R & Niero, M	
7	Narrating expectations for the circular economy: Towards a common and contested European transition	Lazarevic, D & Valve, H	
8	Towards a circular economy: An emerging economies context	Patwa, N; Slavarajah, U; Hingorani, K	
9	Orchestrating industrial ecosystem in circular economy: A two-stage transformation model for large manufacturing companies	Parida, V; Burstrom, T; Wincent, J	
10	Managing a Complex Global Circular Economy Business Model: Opportunities and Challenges	Hopkinson, P; Zils, M; Roper, S	

Fuente: Elaboración propia con base en información de WoS.

Tal como se muestra en la Tabla 3, los trabajos más citados son los que aparecen arriba con una importante participación en varias investigaciones y sirviendo como referencia para el desarrollo de múltiples investigaciones, por su parte, Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications tiene un factor H45 lo cual implica que este trabajo al menos se ha citado 45 veces, el promedio total de citación de este primer artículo es de 92.33% por año, con un total de citación de 554 en los últimos 5 años y ha resultado muy útil para los académicos en el área.

Por lo que respecta a los siguientes dos artículos; es decir, a los que ocupan el lugar 2 y 3 respectivamente, tienen una citación muy distante al primer lugar. El artículo *Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original: “roadmap for sustainable operations”*, tiene un promedio de citación de 83.2% por año y un total de citación de 416 citaciones en los últimos cinco años, mientras que el tercero *“Remanufacturing for the Circular Economy: An Examination of Consumer Switching Behavior”*, tiene un promedio de citación de 40.33 por año, con un total de citación de 121 en los últimos 5 años. Este contraste es un claro diferenciador entre documento citado y autor con mayor cita ya que, en este caso, la relación autor con mayor cita no es directamente proporcional a documento más citado, y esto es posible gracias a la diversidad de productividad de cada autor.

Al adentrarse al análisis de los documentos se puede observar que, autores como Didenko *et al.* (2018) contrastan el modelo económico lineal contra el modelo circular y mediante un modelo econométrico describen el impacto negativo de la economía lineal y con esto tratan de justificar la utilización de una EC. Por otra parte, (Esposito *et al.*, 2018a), hacen una combinación interesante entre la integración en los procesos postales de la logística inversa y la economía circular dos temas que han estado llamando la atención de los investigadores que buscan a toda costa la sustentabilidad y ellos con esta aportación marcan el primer paso de viabilidad en su estudio.

Desde el punto de vista geográfico (véase la Figura 6), la mayor producción se concentra en Inglaterra. Sin embargo, los autores con mayor número de artículos se encuentran en países americanos (Brasil y Estados Unidos) y en la última década se han incorporado autores de Italia y Suecia. Lo que llama más la atención es que el autor con mayor cantidad de artículos pertenece a un país latinoamericano, esto es un llamado de atención para las investigaciones que se realizan en el país, ya que se estima que cada día más organizaciones solicitan incorporarse a una economía circular para promover la sustentabilidad y para obtener nuevas formas de ventaja competitiva. Por lo tanto, existe un área de oportunidad para que tanto académicos como instituciones trabajen en estudios prácticos y teóricos que contribuyan al conocimiento del tema en el contexto mexicano.

El análisis de citas conduce a redes con pocos nodos o enlaces lo cual nos indica que son estudios poco analizados en la literatura. Sin embargo al llevarla a cabo la co-citación muestra vínculos entre artículos citados a través de un listado de referencias. La citación en este caso se puede definir como la frecuencia con la que dos documentos son citados conjuntamente por otros documentos y al mismo tiempo revela relaciones entre autores, países y palabras.

Un aspecto complementario al estudio es la cantidad de patentes y el hallazgo de citas en otras fuentes de información, en las que destacan por universidades, Delft University of Technology (Holanda), Chinese Academy of Science China (China), Polytechnic University of Milan (Italia) Tsinghua University (China), Technical University of Denmark (Dinamarca), Royal Institute of Technology (Suecia), Spanish National Research Council (España), entre otras, no obstante vale la pena mencionar que patentes en el tema por país se reporta

que China encabeza las solicitudes muy por encima de otros países (Aponte, 2022).

Lo que apunta a que la tendencia del Estado del Arte se estaría moviendo hacia China, seguida la Unión Europea, como líderes en publicaciones y patentes. La base de datos empleada y el objetivo del presente dejan ver dicha situación, pero es necesario seguir el análisis de las tendencias, que muestran equipos de investigación consolidados que ganan influencia en el campo académico.

Dos limitantes que presenta esta investigación son: 1) el enfoque solo a la base de datos de WoS y 2) la búsqueda para el análisis bibliométrico solamente incluyó el término, Economía Circular (EC). Ambos aspectos delimitan el trabajo y deben ser considerados en el contexto de los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

El objetivo del presente fue objetivo analizar el comportamiento de la producción científica en materia de EC entre el 2017 y el 2022. El análisis se realizó mediante las redes, dado que es un instrumento que apoya en la investigación para el entendimiento de la interacción entre las influencias, origen, seguimiento y configuración de la narrativa de distintos fenómenos en la interpretación científica, en este caso se ha aplicado al proceso documental. En particular, el presente abordó métodos para análisis de referencias, fuentes citadas, autores principales y co-palabras que ayudaron a la identificación de las relaciones que se desenvuelven en el tema de la economía circular.

Se llevó a cabo la enumeración y conteo de citas y frecuencias de una muestra seleccionada de artículos, esto con el objetivo de obtener co-citaciones de documentos, revistas y autores de determinadas palabras clave. Las principales unidades u objetos de análisis en este trabajo de investigación fueron: referencias citadas, autores citados y fuentes citadas. Por otra parte, el análisis de co-ocurrencia se llevó a cabo con las palabras clave asignadas por los autores en cada artículo publicado. El análisis de co-ocurrencia parte de la elección de palabras clave para identificar la producción científica esta indexada en WoS. Para el análisis bibliométrico, las palabras clave extraídas de forma automática son menos específicas y comprensibles que las palabras clave aportadas

por los autores (Van Eck y Waltman, 2009), por esta razón se decidió seleccionar las palabras clave de autor.

Las palabras clave fueron obtenidas a partir del análisis de todos los artículos seleccionados con el criterio explicado en el Diagrama 1, las palabras clave más predominantes fueron: *circular economy*, *management*, *framework*, *strategies*, *innovation*, *industrial ecology*, *reverse logistic*, entre otras. La agrupación de dichas palabras clave, sobre todo economía circular, fue con conceptos como ecología industrial, *management*, reciclaje, logística inversa. En otro grupo se asocian con la palabra principal “innovación” palabras o conceptos como estrategias, perspectiva, circularidad o *framework*. Posteriormente se llevó a cabo el siguiente proceso.

Los datos fueron primeramente procesados, delimitando un número de citación mínima. Posteriormente, se realizó un control de jerarquía y terminología, para evitar la convergencia de diversas entradas de un mismo ítem. Ya elegidas las diversas unidades de análisis se ejecutó el programa, con las frecuencias de cada unidad con el resto. Como resumen general, en el estudio se ha aplicado el análisis de co-citación y el análisis de co-palabras que son generalmente utilizados para explorar el límite explorado de la investigación de la EC en el área de la Bibliometría o estado del arte. De acuerdo con los resultados, este enfoque particular aplicado ayudó a mostrar detalles de la principal base teórica que fundamenta el dominio objeto de estudio y captar las tendencias nuevas e innovadoras o que pudieran ser de un nuevo campo de interés que se están produciendo en este campo. La combinación de estos dos procedimientos de análisis puede aplicarse en el futuro para la revisión de la frontera del conocimiento, así como de la revisión de literatura sobre otros temas.

Llama la atención que la producción sobre EC se concentra en Inglaterra, no obstante, los autores con mayor número de artículos se encuentran despegan notoriamente en Brasil, Estados Unidos, Italia y Suecia. El autor con mayor cantidad de artículos pertenece al país latinoamericano, lo que obedece probablemente a un cambio en las condiciones nacionales sobre las aplicaciones de la EC.

Es importante también que solo dos revistas publicaron 364 artículos para el período de tiempo analizado, lo que da cuenta de que se entabla un diálogo científico con alcances importantes para el tema en estos dos órganos de difusión, que se han convertido en puntos de referencia. Esto

obedece tanto a la temática, pero también a la convocatoria, políticas y temas que promueven estos órganos de difusión científica.

Respecto a las temáticas abordadas en el periodo 2017-2022 en relación al tema economía circular la mayoría de los artículos se concentra en el cambio de paradigma en la industria y en la manera de utilizar los recursos, otro tema importante es la revisión de la dinámica de la economía circular y la conceptualización de la misma en el medio, el siguiente tema de interés se enfoca principalmente en la sustentabilidad ya sea en su adopción, crecimiento o alcance mediante la economía circular utilizando principalmente la modelación de escenarios así como sistemas que puedan ser útiles para este propósito, por último se observa que la tendencia para años posteriores la temática abordada será el uso de materiales diferentes como ‘pet’, plástico, aluminio entre otros en la economía circular, la aplicación de diferentes estrategias de economía circular y el cambio que hoy en día es indispensable en el paradigma industrial y de negocios.

Uno de los aspectos limitantes del trabajo es la base de datos considerada, si bien se trata de un elemento robusto y con extensas posibilidades de análisis y alcance de difusión científica, deja de lado otros sistemas de búsqueda que también tienen influencia en la discusión del estado del arte sobre la EC. Aunque por otra parte da cuenta de una búsqueda delimitada y acotada, lo que proporciona un punto de referencia para entender la situación de productividad e influencia científica de la EC, que se aprecia una creciente importancia, casi exponencial, de la producción científica del tema. Lo que promete un campo de estudio próspero y abundante en diagnósticos y propuestas para los siguientes años, denotando elementos como la logística inversa, que van ganando importancia.

REFERENCIAS

- Allwood, Julian M., Ashby, Michael F., Gutowski, Timothy. G. y Worrell, Ernst (2011). Material efficiency: A white paper. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(3), 362–381. <https://doi:10.1016/j.resconrec.2010.11.002>.
- Aponte, Gloria (2022). Panorama internacional de la economía circular a través del análisis de la producción científica y tecnológica. *Tekhné*, 25(1), 13-13. <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/tekhne/article/view/5419>.

- Archambault, Éric, Campbell, David, Gingras, Yves y Larivière, Vincent (2009). Comparing bibliometric statistics obtained from the Web of Science and Scopus. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(7), 1320–1326. <https://doi.org/10.1002/asi.21062>.
- Bastein, Ton, Roelofs, Elsbeth, Rietveld, Elmer y Hoogendoorn, Alwin (2013). *Kansen voor de Circulaire Economie in Nederland*. Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek Delft, The Netherlands. <https://publications.tno.nl/publication/104194/qbd2Cv/bastein-2013-kansen.pdf>.
- Ball, Terence, Dagger, Richard y O'Neill, Daniel I. (2019). *Ideals and Ideologies: A Reader* (11th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429286827>.
- Bartl, A., Tkaczyk, A. H., Amato, A., Beolchini, F., Lapkovskis, V. y Petranikova, M. (2018). Supply and substitution options for selected critical raw materials: cobalt, niobium, tungsten, yttrium and rare earths elements. *Detritus*, 3, 37–42. <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2018.13697>.
- Belmonte-Ureña, Luis Jesús, Plaza-Úbeda, José Antonio, Vazquez-Brust, Diego y Yakovleva, Natalia (2021). Circular economy, degrowth and green growth as pathways for research on sustainable development goals: A global analysis and future agenda. *Ecological Economics*, 185, 107050. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107050>.
- Camón Luis, Enric y Celma, Dolores (2020). Circular Economy. A Review and Bibliometric Analysis. *Sustainability*, 12, 6381. doi:10.3390/su12166381.
- Chen, Haibin, Yang, Yan, Yang, Wei y Zhou, Jingcheng (2014). A bibliometric investigation of life cycle assessment research in the web of science databases. *International Journal Life Cycle Sustainability Assessment*, 19, 1674–1685. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0777-3>.
- Cone, John D. y Hayes, Steven C. (1980). *Environmental problems/behavioral solutions*. Cambridge University Press. ISBN: 0521 31973 0.
- Didenko, Nikolai I., Klochkov, Yuri. S. y Skripnuk, Djamilia. F. (2018). Ecological Criteria for Comparing Linear and Circular Economies. *Resources-Basel*, 7(3), 17. doi:10.3390/resources7030048
- Domingues Marthino, Vitor y Reis Mourão, Paulo (2020). Circular Economy and Economic Development in the European Union: A Review and Bibliometric Analysis, *Sustainability*, 12, 7767. doi:10.3390/su12187767.
- Dorta-González, Pablo, González-Betancor, Sara M. y Dorta-González, María Isabel (2017). Reconsidering the gold open access citation advantage postulate in a multidisciplinary context: an analysis of the subject categories in the Web of Science database 2009–2014. *Scientometrics*, 112, 877–901. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2422-y>.
- Esposito, Mark, Terence, Tse, y Khaled Soufani (2017). Reverse logistics for postal services within a circular economy. *Thunderbird International Business Review*, 60(5), 741–745. <https://doi.org/10.1002/tie.21904>.

- Gasparyan, A. Y., Nurmashev, B., Yessirkepov, M., Endovitskiy, D. A., Voronov, A. A. y Kitas, G. D. (2017). Researcher and Author Profiles: Opportunities, Advantages, and Limitations. *Journal of Korean Medical Science*, 32(11), 1749. <https://doi.org/10.3346/jkms.2017.32.11.1749>.
- Geissdoerfer, Martin, Savaget, Paulo, Bocken, Nancy M.P. y Hultink, Erik Jan (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. *Journal of cleaner production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>.
- Gil Lamata, Mercedes y Latorre Martínez, María Pilar (2022). The Circular Economy and Sustainability: A Systematic Literature Review. *Management Letters / Cuadernos de Gestión*, 22(1), 129-142. <http://hdl.handle.net/10810/55443>.
- Hou, Qian, Mao, Guozhu, Zhao, Lin y Zou, Jian (2015). Mapping the scientific research on life cycle assessment: a bibliometric analysis. *International Journal Life Cycle Sustainability Assessment*, 20, 541-555. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0846-2>.
- Kirchherr, Julian, Reike, Denise y Hekkert, Marko (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, conservation and recycling*, 127, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.
- Kolmykova, Tatyana, Merzlyakova, Ekaterina y Kilimova, Lyudmila (2020). Development of robotic circular reproduction in ensuring sustainable economic growth. *Economic Annals-Xxi*, 186(11-12), 12-20. <https://doi.org/10.21003/ea.V186-02>.
- Kovacs, Ildiko (2021a). Circular fashion from the perspective of young consumers - measurement and managerial relevance. *Polish Journal of Management Studies*, 24(2), 242-260. <https://doi.org/10.17512/pjms.2021.24.2.15>.
- Lüdeke-Freund, Florian, Gold, Stefan y Bocken, Nancy M. P. (2018). A Review and Typology of Circular Economy Business Model Patterns. *Journal of Industrial Ecology*. <https://doi.org/10.1111/jiec.12763>.
- Martínez, Alier Joan (2008). Conflictos ecológicos y justicia ambiental. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 103, 11-28. http://istas.net/descargas/Conflictos_ecologicos_J1%20_MARTINEZ_ALIER.pdf.
- Murga-Menoyo, María de los Ángeles (2009). La Carta de la Tierra: un referente de la Década por la Educación para el Desarrollo Sostenible. *Revista de educación*, (1) 239-262. <https://tinyurl.com/29bvdrhf>.
- Meredith, Jack (1993). Theory Building through Conceptual Methods, *International Journal of Operations y Production Management*, 13 (5), 3-11. <https://doi.org/10.1108/01443579310028120>.
- Murray, Alan, Skene, Keith y Haynes, Kathryn (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *J Bus Ethics*, 140, 369-380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>.

- Pieroni, Marina de Padua, Tim, McAloone y Daniel Pigosso (2019). *Business model innovation for circular economy and sustainability: A review of approaches*. *Journal of Cleaner Production*, 215, 198–216. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.036>.
- Pranckutė, Raminta (2021). Web of Science (WoS) and Scopus: The Titans of Bibliographic Information in Today's Academic World. *Publications*, 9(1), 12. <http://doi.org/10.3390/publications9010012>.
- Quinché-Martín, Fabían Leonardo y Cabrera-Narváez, Andrés (2020). Exploring the Potential Links between Social and Environmental Accounting and Political Ecology. *Social and Environmental Accountability Journal*, 40(1), 53–74. <https://doi.org/10.1080/0969160X.2020.1730214>.
- Sariatli, Furkan (2017). Linear economy versus circular economy: A comparative and analyzer study for optimization of economy for sustainability. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, 6(1), 31–34. <https://doi.org/10.1515/vjbsd-2017-0005>.
- Sala-Garrido, Ramón, Mocholi-Arce, Manuel, Molinos-Senante, María y Maziotis, Alexandros (2022). Measuring technical, environmental and eco-efficiency in municipal solid waste management in Chile. *International Journal of Sustainable Engineering*, 15(1), 71–85. <https://doi.org/10.1080/19397038.2022.2053606>.
- Sherwood, James (2020). The significance of biomass in a circular economy. *Bioresource Technology*, 300, 122755. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122755>.
- Smil, Vaclav (2020). *Numbers Don't Lie: 71 Things You Need to Know about the World*. Penguin UK. ISBN: 978-84-1805-636-9.
- Stahel, Walter. R. (2017). Analysis of the structure and values of the European Commission's Circular Economy Package. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management*, 170(1), 41–44. <https://doi.org/10.1680/jwarm.17.00009>.
- Sreeharsha, Rachapudi Venkata y S. Venkata, Mohan (2021). Symbiotic integration of bioprocesses to design a self-sustainable life supporting ecosystem in a circular economy framework. *Bioresource Technology*, 326, 124712. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124712>.
- Tetsman, Iina, Kristina, Baziene y Gintas, Viselga (2017). Technologies for sustainable circular business: using crushing device for used tires. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 4(4), 432–440. [https://doi.org/10.9770/jesi.2017.4.4\(3\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2017.4.4(3)).
- Van Eck, Nees Jan y Ludo, Waltman (2009). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>.

El ciclo económico y la política fiscal en un modelo DSGE con canal endógeno. El caso de México

EDSON VALDÉS IGLESIAS*

RESUMEN

Esta investigación analiza el desempeño de una regla fiscal que responde al ciclo económico y la posición de la deuda pública en un modelo de equilibrio general dinámico estocástico (DSGE) con un canal de crecimiento endógeno que será impulsado por el total de horas trabajadas considerando fricciones en el mercado de trabajo. Se estimó el modelo a partir de métodos bayesianos para datos de la economía mexicana; también se calculó el saldo del balance presupuestario ajustado en función del ciclo (CAB) a partir de la estimación de un modelo autorregresivo con entradas exógenas (ARMAX) para determinar la posición de la política fiscal en México. Los resultados obtenidos por el CAB sugieren que la posición de la política fiscal en México fue procíclica; además, de las simulaciones del DSGE se encontró que la regla fiscal usada permite que en periodos de auge los ingresos excedentes se destinen para disminuir el nivel de deuda y en periodos de contracción propicia el uso de medidas contracíclicas en los instrumentos de política fiscal.

Palabras clave: Ciclos económicos, Política fiscal, DSGE, Ciclicidad Fiscal.

Clasificación JEL: C11, E32, E62, H3.

* Profesor Investigador, Universidad Veracruzana, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México.

Correo electrónico: edvaldes@uv.mx. ORCID: 0000-0001-5851-3149.

Este trabajo fue realizado con base en la tesis doctoral de Edson Valdés (2021), Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México.

ABSTRACT

The business cycle and fiscal policy in the DSGE model with endogenous channel. The case of Mexico

This research analyzes the performance of a fiscal rule that responds to the economic cycle and the position of public debt in a dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) model with an endogenous growth channel that will be driven by total hours worked, considering frictions in work market. The model was estimated using Bayesian methods with data from Mexican economy; the balance of cyclically adjusted budget balance (CAB) was also calculated based on the estimation of an autoregressive model with exogenous inputs (ARMAX) to determine fiscal policy position in Mexico. The results obtained by the CAB suggest that fiscal policy position in Mexico was procyclical; in addition, from the DSGE simulations, it was found that the fiscal rule used allows surplus revenues to be invest to reduce the level of debt in boom periods; and in contractionary periods, it favors the use of countercyclical measures in fiscal policy instruments.

Keywords: Business Cycles, DSGE, Fiscal Cyclicity, Fiscal policy.

JEL Classification: C11, E32, E62, H3.

INTRODUCCIÓN

La factibilidad y la eficiencia del uso de la política fiscal para atenuar o estabilizar las fluctuaciones del nivel de producción, tomó gran relevancia con los acontecimientos suscitados en el periodo de 1993 a 2009, en las cuales la mayoría de las investigaciones, como lo señala Barseghyan *et al.* (2013: 2224), se han centrado en analizar el comportamiento de los gobiernos y el tipo de distorsiones que generan en el funcionamiento de la economía, porque con una mejor comprensión de cómo responden los gobiernos a las fluctuaciones del ciclo económico, se puede determinar qué posiciones toman los instrumentos de política fiscal y los mecanismos que utilizan para suavizar los choques.

De lo anterior, la posición de todos los instrumentos fiscales no tendrían por qué seguir el comportamiento del ciclo económico, como lo refieren McManus y Ozkan (2015:30) al ser las políticas de estabilización consistentes con la sostenibilidad fiscal, entonces el comportamiento cíclico de los instrumentos fiscales debería ser asimétrico; de modo que el déficit adicional que se acumula en los

periodos de contracción se compensará cuando la economía está en auge. Sin embargo, la evidencia empírica encontrada por Balassone *et al.* (2010:382), muestra que los déficits de los países de la Unión Europea (UE) aumentaron durante las recesiones, pero no disminuyeron en periodos de expansión, cuestiones que también se suscitaron en mercados emergentes (Bergman y Hutchison, 2020).

Por lo tanto, este tipo de comportamientos lo podemos asociar con una postura fiscal procíclica, que refuerza las fluctuaciones del producto, exacerbando los auges y agravando las contracciones. Las explicaciones sobre este comportamiento para Avellan y Vuletin (2015:194) giran en torno a dos argumentos principales, a saber: primero la existencia de distorsiones en la política fiscal por instituciones débiles que estimulan el gasto público de manera excesiva durante los periodos de auge, dejando pocos recursos a ejercer en contracción; y el segundo argumento subraya el efecto del acceso limitado a los mercados crediticios internacionales en periodos de recesión.

Para los países latinoamericanos, Gavin y Perotti (1997:42-44) encontraron evidencia empírica que apoya el segundo argumento, ya que la volatilidad del entorno macroeconómico que caracteriza a la región es un factor determinante de la prociclicidad de la política fiscal; y las restricciones al crédito la acentúan sólo en la medida en que el entorno macroeconómico subyacente sea suficientemente volátil. Por supuesto, la causalidad va en ambas direcciones, porque la prociclicidad de la política fiscal a su vez exagera la inestabilidad en el entorno macroeconómico subyacente.

En el caso de la economía mexicana la prociclicidad de los instrumentos fiscales puede recaer en el hecho del uso de una regla fiscal de balance público cero. Al respecto Chávez *et al.* (2010) enfatiza que este tipo de reglas refuerza el carácter procíclico de la política fiscal, ya que en los periodos de expansión los ingresos excedentes son utilizados para cumplir con la regla, y en los periodos de recesión se contraen los ingresos y gastos para conseguir el objetivo de déficit cero. A pesar de que en la crisis macroeconómica del 2009 la política fiscal adoptada en nuestro país produjo un aumento en el gasto público, no concordante con el déficit cero, la explicación estriba, de acuerdo con Esquivel y Peralta (2013), en el aumento de los subsidios de programas sociales y los otorgados a algunas empresas para mantener un cierto nivel de empleo, cuestión extraordinaria, puesto que, la regla fiscal que se utiliza

en México, como lo refieren Zavaleta y Vázquez (2021:26), sigue un “enfoque de política fiscal de austeridad, consolidación y disciplina fiscal”; sin embargo, los eventos suscitados en el año 2020 exhibieron la necesidad de la utilización de políticas fiscales contracíclicas. Entonces una mejor comprensión de las características del desempeño de la política fiscal en diversos escenarios puede permitir a los formuladores de políticas discernir el efecto de los instrumentos a lo largo del ciclo económico. De lo anterior, en esta investigación se plantea como pregunta central si: *¿Es posible utilizar una regla fiscal que responda a la posición de la deuda pública y al ciclo económico para no alterar la trayectoria de largo plazo de la economía mexicana?*

Para responder esta interrogante, se tratará de proporcionar evidencia empírica a favor de la hipótesis de que la falta del uso de una regla fiscal que responda al ciclo económico y la posición de la deuda pública de México, ha permitido que los shocks transitorios de la política fiscal por el lado de la demanda, alteren la trayectoria de largo plazo de la economía al darse el efecto learning by doing. Para lo cual se propone un modelo de equilibrio general dinámico estocástico con fricciones laborales y un canal endógeno de crecimiento para tratar de derivar alguna suposición acerca de la dinámica de los ciclos económicos y la persistencia de los shocks en los instrumentos de la política fiscal.

La investigación presente está estructurada en tres secciones, en la primera se presenta una reflexión acerca del vínculo entre los ciclos económicos y la política fiscal, por lo que se retoman las ideas presentadas por Battaglini y Coate (2008), Balassone *et al.* (2010), Barseghyan *et al.* (2013), Demirel, (2010), Riera-Crichton *et al.* (2015), Avella y Vuletin (2015) y Cassou *et al.* (2017), acerca del debate sobre la factibilidad y la eficiencia de la política fiscal para estabilizar las fluctuaciones del producto. En la segunda sección se explora una alternativa para analizar el uso de la regla fiscal, para lo cual se utiliza como escenario base el modelo propuesto por Wesselbaum (2018) y se presentan las modificaciones hechas al modelo para determinar si el esquema propuesto es viable para la amortiguación de las fluctuaciones del ciclo económico en México. En la tercera sección se presenta la estimación del saldo del balance presupuestario ajustado en función del ciclo (CAB) para determinar la prociclicidad de la política fiscal. En la última sección se presenta la estrategia de estimación del modelo

de equilibrio general dinámico estocástico, adecuado para la economía mexicana, con el que buscamos determinar si shocks de los instrumentos fiscales por el lado de la demanda son persistentes y alteran la trayectoria de largo plazo.

1. UNA BREVE REFLEXIÓN SOBRE LA POLÍTICA FISCAL Y EL CICLO ECONÓMICO

Durante las dos últimas décadas, las investigaciones sobre el uso de la política fiscal se han centrado en analizar el comportamiento de los gobiernos y el tipo de distorsiones que generan en el funcionamiento de la economía. De ahí surge, para Gogas y Pragidis (2015:303), la discusión y creciente interés sobre si los gobiernos deben establecer paquetes de estímulos fiscales para encausar a la economía en su trayectoria anterior a la crisis o simplemente ejecutar programas de austeridad procíclicos para reducir el déficit a largo plazo, al presentarse una disminución significativa del nivel de producción y el número de horas empleadas, mientras que la productividad laboral aumentó; sin embargo, una de las limitaciones de este tipo de hipótesis surge del hecho de suponer dos periodos para la evolución de las decisiones del gobierno. Es por esto que para Barseghyan *et al.* (2013) se consideran inadecuadas para tratar de explicar la reacción de los agentes a las fluctuaciones aleatorias en la productividad total de los factores, al no incluir horizontes de tiempo más amplios, con una mayor comprensión de cómo reaccionan los gobiernos a las fluctuaciones del ciclo, se podrán ajustar las políticas como mecanismos para suavizar los choques a través de su accionar, tomando gran relevancia el papel de la política fiscal al permitir la amplificación o amortiguación de los shocks.

De lo anterior, se desprende el hecho que la política de estabilización debe cumplir con la sostenibilidad fiscal. Con relación a esto, Balassone *et al.* (2010: 281-382) encuentran que en periodos de recesión se acrecentó el déficit fiscal de los países de la Unión Europea, y en momentos de auge los estabilizadores automáticos del presupuesto al ciclo económico reaccionaron, pero para los BRICS se observó un comportamiento procíclico de sus instrumentos fiscales. El comportamiento procíclico de la política fiscal estriba en dos premisas de acuerdo con Avellan y Vuletin (2015:194), la primera enfatiza la existencia de instituciones débiles que distorsionan la política fiscal al expandir de

manera desmedida el gasto en momentos de auge, no dejando margen de maniobra en periodos de contracción; la segunda premisa sostiene que la falta de acceso a los mercados crediticios internacionales en periodos de contracción profundiza sus repercusiones.

Es así que el comportamiento procíclico de la política fiscal es comúnmente asociado a países en vías de desarrollo (Bergman y Hutchison, 2020), pero para el caso de Estados Unidos Cassou *et al.* (2017) identificaron con un modelo híbrido de control estocástico evidencia empírica a favor de un comportamiento simétrico de la política fiscal y con un modelo de umbral no lineal que la política fiscal es contracíclica.

De ahí que Barseghyan *et al.* (2013:2223) proponen incluir en un modelo de suavización de impuestos de política fiscal los shocks en los ingresos generados por fluctuaciones aleatorias en la productividad total de los factores. Estos choques se asumen persistentes en oposición a independientes e idénticamente distribuidos. La persistencia es esencial para captar las implicaciones de las fluctuaciones cíclicas. Cuando una economía entra en auge o recesión, las expectativas de los tomadores de decisiones de los ingresos fiscales futuros serán influenciadas y estas expectativas impactarán en la elección de los impuestos, gasto y deuda en el presente.

La suavización de impuestos para Aiyagari *et al.* (2002:1248-1250) no implica utilizar siempre los déficit y superávit fiscales de manera contracíclica. En algunos momentos, la política óptima es que el gobierno adquiera gradualmente suficientes tenencias de bonos para financiar cualquier nivel de gasto con los intereses devengados por estas tenencias, lo que permite financiar el gasto público sin impuestos distorsionadores. El exceso de las ganancias por intereses son devueltas a los ciudadanos a través de transferencias; aunque será necesario imponer límites exógenos a la cantidad de deuda pública para que sea sostenible a largo plazo.

Al respecto Chari *et al.* (1994: 649-651) refieren que la política fiscal óptima en un modelo de ciclo económico real (estándar) implica que el impuesto sobre el ingreso del capital es aproximadamente cero *ex ante*, la tasa de impuestos al trabajo fluctuarán poco y hereda las propiedades de correlación de los choques exógenos; sin embargo, el impuesto sobre los activos privados fluctúa mucho y las ganancias de bienestar a la imposición óptima provienen principalmente de la fase de

transición de la alta imposición sobre la renta del capital. En este tipo de modelo, el impuesto sobre los activos (capital) privados cumple la función de amortiguador, ya que las fluctuaciones en el impuesto sobre los activos privados surgen de las variaciones en los pagos reales de la deuda pública, por lo tanto, el gobierno estructura estos pagos para asegurarse de no tener que cambiar drásticamente las tasas del impuesto laboral en las crisis. En este sentido, la deuda contingente es una forma de seguro adquirido por el gobierno de los consumidores.

Entonces, este enfoque predice que los gobiernos utilizan los superávit y déficit presupuestarios como un amortiguador para evitar que las tasas impositivas cambien bruscamente. Por lo tanto, tendrán déficit en periodos de altas necesidades de gasto público y excedentes cuando disminuyan. Al existir fluctuaciones en el gasto de gobierno a lo largo del tiempo es necesario ajustar los ingresos, para lo cual existen dos opciones: un impuesto proporcional a los ingresos laborales y el endeudamiento a partir de la emisión de bonos en el mercado de capitales (Battaglini y Coate, 2008: 201-202).

Aunque una característica importante de los ciclos económicos en las economías en desarrollo de acuerdo con Demirel (2010:409) es que enfrentan tasas de interés altamente volátiles y anticíclicas en los mercados financieros internacionales. Al disminuir la entrada de capitales en épocas de recesión tiende a decrecer el gasto público y se incrementan las tasas de interés, al ser procíclica la política fiscal y monetaria se considera como un factor significativo de la inestabilidad macroeconómica.

Así mismo, Kaminsky *et al.* (2004:46-49) señalan que en los países en vías de desarrollo, como el caso de México, la política fiscal, política monetaria y las entradas de capital son procíclicas y sus fluctuaciones se refuerzan mutuamente. Si bien se puede explicar este fenómeno por una gran variedad de fricciones como distorsiones políticas, instituciones débiles e imperfecciones del mercado de capitales, la conclusión ineludible es que deben encontrar mecanismos que permitan conducir de una manera neutral o estabilizadora las políticas macroeconómicas.

De lo anterior, es de suma importancia resaltar lo dicho por Demirel (2010) sobre el comportamiento procíclico de la política fiscal el cual puede ser explicado a partir de factores político-económicos, institucionales o diferentes formas de imperfecciones del mercado de capitales (fricciones). Al poder ser representadas las fricciones de los mercados

financieros por el spread entre las tasas de interés que enfrentan los agentes en los mercados financieros internacionales. Los spread pueden surgir por el riesgo de incumplimiento, costos de agencia e intermediación financiera, no obstante no induce de manera directa políticas fiscales y flujos de capital procíclicos, sino que ello acontece a través de los patrones de la inversión realizada frente a choques de la productividad en el sector de bienes. Cuando la economía se ve afectada por un choque sectorial adverso, la tasa de interés del país aumenta, lo que conlleva una deuda más costosa y el gobierno recorta el gasto. La disminución del gasto público frente al choque negativo implica una política fiscal procíclica.

Para Avellan y Vuletin (2015: 194-195) la respuesta sistemática de los responsables de las políticas a las fluctuaciones esperadas o imprevistas en la producción, tendrán repercusiones, por lo tanto, no deben ser aceptados como errores de pronóstico frente a la falta de información, sino cómo los gobiernos los manejan. En presencia de distorsiones en el ámbito económico o político y con instituciones débiles, tanto los auges como las recesiones se gestionan mal. Desde un punto de vista metodológico, es necesario analizar cómo se hace la previsión de la producción y si las medidas disponibles reflejan de manera fehaciente la contribución de los instrumentos de política fiscal a la misma.

En este contexto, el uso de una regla fiscal con cierto grado de flexibilidad, como lo señalan Guerguil *et al.* (2017: 90-191) se puede asociar a una mayor o menor respuesta a la ciclicidad de la política fiscal, por ejemplo una regla de equilibrio presupuestario está vinculada con cambios contracíclicos en el gasto general y en el de inversión. Una regla de gasto responde con cambios contracíclicos en el gasto general, pero con cambios procíclicos en la inversión, ya que los recortes en los últimos durante los malos tiempos son más aceptables políticamente. La regla de deuda no parecen afectar la postura cíclica del gasto global o de inversión. Al parecer, la flexibilidad en el diseño parece tener el mayor impacto en la ciclicidad de la política fiscal.

Así, la política fiscal tiene el potencial de exacerbar las oscilaciones en los ciclos económicos y conducir a dinámicas de deuda inestables, por lo tanto, como resaltan Bergman y Hutchison (2015), las reglas fiscales son muy efectivas para reducir la prociclicidad de la política una vez que se ha alcanzado un umbral mínimo de eficiencia del gobierno. Las reglas fuertes combinadas con altos niveles de eficiencia ayudan a crear

un entorno institucional donde los gobiernos pueden seguir una política fiscal contracíclica. De ahí que Currie y Levine (1993) reiteran que una autoridad con credibilidad tiene una gama más amplia de opciones de política disponibles que si careciera de credibilidad; y, por lo tanto, puede esperar un mejor desempeño de la política.

Las reglas fiscales para Kuncoro (2016:210) son mecanismos para respaldar la credibilidad fiscal y sostenibilidad fiscal mediante la eliminación o disminución de la intervención discrecional, la política de reglas fiscales puede ofrecer una mejor precondition para lograr el crecimiento económico en el corto plazo y la estabilización a largo plazo, por lo tanto, reducir los déficits presupuestarios para compensar la credibilidad de la política fiscal a través de la disminución del gasto de gobierno amortiguará las fluctuaciones de la producción; y apoya implícitamente la sostenibilidad fiscal en el corto y largo plazo.

En contextos con alta deuda, Combes *et al.* (2017:144-145) notaron que las reglas fiscales sobre el gasto o el déficit no tienen ningún efecto; las reglas con cláusulas de escape muestran un efecto adverso al hacer que la política fiscal sea aún más procíclica cuando la deuda pública es alta. Empero es necesaria una supervisión cuidadosa del camino de la deuda pública, puesto que la reacción de la política fiscal al ciclo económico depende del saldo de la deuda y condiciona la sostenibilidad, en escenarios de esta índole solo la implementación reglas de déficit mitigan la prociclicidad de la política fiscal.

Para Alesina *et al.* (2008) los países que siguen políticas fiscales procíclicas que se suman a la inestabilidad macroeconómica, proceden de esta manera por el efecto de voracidad, cuando hay más recursos disponibles. Es decir, en auges, la lucha por los recursos comunes se intensifica, lo que lleva a déficits presupuestarios. Esto obliga al gobierno a impartir un sesgo procíclico a la política fiscal y pedir prestado en exceso. Por lo tanto, en los países en desarrollo, la prociclicidad de la política fiscal es más a menudo impulsada por una reacción de política distorsionada en los auges, más que por las recesiones.

Bajo esta óptica, como hace énfasis Riera-Crichton *et al.* (2015:29-30) los déficit o superávit presupuestarios funcionarán como amortiguador para que las tasas impositivas no presenten variaciones bruscas, aumentando el déficit con la expansión del gasto público y disminuyéndolo cuando no existan requerimientos extraordinarios, al darse este tipo fluctuaciones en el gasto, el gobierno debe ajustar sus ingresos

tributarios con la emisión de bonos (endeudamiento) o a partir de un impuesto proporcional a los ingresos por el trabajo, todo esto sin dejar de lado el hecho que no todas recesiones son de la misma magnitud y el desempeño de los instrumentos fiscales puede variar, en una recesión extrema la contracción del nivel de producción se da en el corto y mediano plazo, cuestión que sesga las decisiones de los formuladores de la política fiscal.

En suma, lo dicho hasta aquí sugiere la necesidad de analizar la relación del gasto público e impuestos a través de una regla fiscal con el nivel de producción previsto, puesto que la dinámica entre ellos permite la suavización de los shocks que son generados por fluctuaciones aleatorias en la productividad total de los factores. Por lo tanto, los instrumentos de política fiscal no solo se deben considerar como la capacidad de estabilización macroeconómica de un país, sino como un mecanismo amortiguador para evitar que la producción cambie de manera brusca. Los instrumentos de política fiscal, al influir de forma indirecta en la producción y de manera directa en la demanda, permitiría suponer que tienen un impacto sustancial en la dinámica del nivel de producción.

2. MODELO DSGE CON REGLA FISCAL QUE RESPONDE A LA POSICIÓN DEL CICLO ECONÓMICO Y LA DEUDA PÚBLICA

Siguiendo la propuesta de Wesselbaum (2018:107-12) asumiremos un modelo de equilibrio general dinámico estocástico (DSGE)¹ con plena flexibilidad de precios, mercado del trabajo con fricciones, política fiscal y productividad del trabajo endógeno. Por lo tanto, en la economía existen tres tipos de agentes, a saber: hogares, firmas y la autoridad fiscal (el gobierno). En este caso el tomador de política fiscal ignora la política monetaria y, por lo tanto, limitamos la flexibilidad de precios en el modelo. Entonces se parte del hecho que dos de los mercados son perfectamente competitivos, mientras que el mercado laboral no lo es, supondremos que los hogares van a poseer capital entre cada uno de los periodos, es así que al comienzo de cada periodo los hogares venden

¹ Las ecuaciones referentes a la estructura del mercado de trabajo y las firmas fueron tomadas de Wesselbaum (2018), lo referente a los hogares, la negociación salarial y el gobierno son adecuaciones del modelo original.

capital a la empresa representativa y al final de cada periodo la empresa vuelve a vender a los hogares el capital disponible.

La búsqueda se realiza en un mercado discreto y cerrado, los trabajadores pueden estar empleados o desempleados, es así que cada firma tiene un puesto de trabajo que puede estar ocupado o vacante. Si la vacante se ocupa, la probabilidad de que se destruya exógenamente viene dada por $\rho > 0$. Las firmas crean empleos a la tasa $M(U_t, V_t)$, con un costo $c > 0$ de unidades de producción por vacante V_t . Las coincidencias M_t usan una tecnología de emparejamiento:

$$M(U_t, V_t) = m U_t^\varsigma V_t^{1-\varsigma}$$

donde $m > 0$ da la eficiencia de coincidencia, y $\varsigma > 0$ es la elasticidad de la función de coincidencias con respecto al desempleo. El mercado de trabajo presentará una estrechez dada por $\theta_t = V_t / U_t$, de modo que existe una probabilidad de llenar la vacante dada por $q(\theta_t) = M(U_t, V_t) = m \theta_t^\varsigma$. Usando la definición de entrada y salida en el mercado laboral, podemos analizar la evolución del empleo al depender de los trabajos creados y el empleo en el periodo anterior podemos describirlo a partir de la siguiente ecuación:

$$N_t = (1 - \rho) (N_{t-1} + M_{t-1})$$

La evolución del desempleo en términos agregados estará condicionada por una población constante por simplificación $U_t = 1 - N_t$

2.1. Firmas

Las empresas de nuestra economía utilizarán el capital y el trabajo para producir bienes, los cuales son diferenciados; y la tecnología estará representada por una función de producción de tipo Cobb-Douglas:

$$Y_{it} = Z_t \Gamma_t (v_{it} K_{it-1})^{1-\alpha} (H_{it} N_{it})^\alpha$$

donde $\alpha \in (0,1)$ representa la intensidad del uso factorial e $i \in [0,1]$ nos señala la firma que pertenece a la industria. Los servicios (horas) de trabajo totales utilizados estarán dados por $H_{it} N_{it}$, mientras que el uso del capital lo exhibe K_{it-1} sujeto a la utilización del capital v_{it} . A su vez se adhiere una restricción sobre la propiedad del capital, el cual

pertenece a los hogares y las empresas; y lo van a alquilar en el mercado de capitales obteniendo una tasa R_t^K sin la posibilidad de existencia de fricciones, por lo tanto para la acumulación del capital utilizaremos la propuesta establecida por Schmitt-Grohé y Uribe (2012:2740) siendo la ecuación de comportamiento que sigue el capital:

$$K_t = (1 - \delta(v_t))K_{t-1} + \left(1 - S\left(\frac{u_t^i I_t}{I_{t-1}}\right)\right) I_t$$

donde I_t es la inversión y $S(\cdot)$ captura los costos de ajuste de inversión², los cuales están sujetos a un ajuste por un shock de eficiencia u_{it} que sigue un proceso AR 1:

$$\ln u_t^i = \rho^i \ln u_{t-1}^i + \varepsilon_t^i, \quad \varepsilon_t^i \sim N(0, \sigma_i)$$

La empresa tendrá el control de la intensidad en que se utiliza el capital v_t , para lo cual se asume que el aumentar la intensidad de la utilización del capital conlleva un costo que se verá reflejado en una tasa de depreciación más rápida. Específicamente se sigue la idea de Schmitt-Grohé y Uribe (2012: 2741) para modelar la tasa dada por $\delta(\cdot)$ la cual será una función creciente y convexa de la tasa de utilización del capital :

$$\delta(v_{it}) = \delta_0 + \delta_1(v_{it} - 1) + \frac{\delta_2}{2}(v_{it} - 1)^2$$

con $\delta_0, \delta_1, \delta_2 > 0$ para modelar el componente endógeno de crecimiento, éste se define como:

$$\Gamma_t = [\vartheta + \phi H_t N_t] \Gamma_{t-1}$$

la tasa de crecimiento exógena estará expresada por $\vartheta > 0$ y $\phi \in \mathbb{R}$, exhibe el componente endógeno. Por simplificación asumiremos que la tasa de crecimiento de la productividad es $\Delta s_t = s_t - s_{t-1}$, con $s_t = \log(Z_t \Gamma_t)$. En este sentido, de acuerdo con las propuestas de Galí y Hammour (1991)

² En este caso la propuesta de este tipo de ajuste es hecha por Christiano *et al.* (2005) y se restringe la función S para satisfacer las siguientes propiedades: en el estado estacionario $S=0$, $S'=0$ y $S''>0$

y Caballero y Hammour (1994) para la modelación de la productividad endógena, que es el canal de transmisión del modelo, existen tres posibilidades sobre el valor del componente endógeno ϕ : Si el componente endógeno toma el valor de $\phi = 0$ el componente se desvanece y el crecimiento se determina puramente de forma exógena. Si $\phi > 0$ el modelo presenta efectos “learning by doing” y la tasa de crecimiento de la economía depende de la productividad del trabajo y por último si $\phi < 0$ se dan los efectos “cleansing” de la recesión. Para el caso de la tecnología de la función de producción, supondremos que Z_t es *Hicks-neutral*³ y ésta sigue un proceso AR(1).

Es así que la empresa representativa para maximizar sus beneficios debe elegir una ruta óptima⁴ para $\{N_{it}, V_{it}, v_{it}, K_{it-1}\}_{t=0}^{\infty}$ a partir de la siguiente función:

$$\Pi_{it} = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \frac{\lambda_t}{\lambda_0} [Y_{it} - W_{it} H_{it} N_{it} - cV_{it} - R_t^K v_{it} K_{it-1}]$$

sujeto a la función de producción y la ley de movimiento para el empleo. Las condiciones de primer orden⁵ necesarias al suponer mercados de capital perfectos, que implican que las empresas utilizan el mismo factor de descuento que los hogares, están dadas por:

$$Y_t = \varphi_t \alpha Z_t \Gamma_t (v_t K_{t-1})^{1-\alpha} (H_t N_t)^{\alpha-1} H_t - W_t H_t + E_t \left[\beta \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} (1 - \rho) Y_{t+1} \right]$$

$$\frac{c}{q(\theta_t)} = E_t \left[\beta \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} (1 - \rho) \varepsilon_{t+1} \right]$$

$$R_t^K = (1 - \alpha) Z_t \Gamma_t (v_t K_{t-1})^{-\alpha} (H_t N_t)^{\alpha}$$

El multiplicador lagrangiano Y_t , refleja la ley de movimiento para el empleo, con la combinación de las dos primeras C.P.O. obtendremos la condición de la creación de empleo:

³ El cambio tecnológico que aumenta el capital suele denominarse *Hicks-neutral* y se asocia con una relación constante de trabajo-producción (Y/L) en un estado estacionario.

⁴ V_t se refiere a la creación de vacantes de empleo.

⁵ Nótese que se bajan los índices de subíndices debido a la simetría.

$$\frac{c}{q(\theta_t)} = E_t \left\{ \beta(1 - \rho) \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left[\alpha Z_{t+1} \Gamma_{t+1} (v_{t+1} K_t)^{1-\alpha} \right. \right. \\ \left. \left. (H_{t+1} N_{t+1})^{\alpha-1} H_{t+1} - W_{t+1} H_{t+1} + \frac{c}{q(\theta_{t+1})} \right] \right\}$$

Esta ecuación determina las actividades de la publicación de las vacantes. El lado derecho da los beneficios esperados descontados por contratar a un trabajador. Esta es igual a la producción elaborada por el nuevo trabajador, a la cual se le disminuye los costos salariales y se ajusta por los costos de contratación ahorrados en el próximo período, si el trabajador no es despedido. En equilibrio, los beneficios de contratar a un nuevo trabajador deben ser iguales a los costos de la contratación (el lado izquierdo).

2.2. Hogares

Al incluir un canal de transmisión endógeno como lo propone Wesselbaum (2018), se posibilita analizar los aumentos en la productividad y, por lo tanto, los efectos positivos en el crecimiento del nivel de producción, incluso a largo plazo, al tener este canal un vínculo importante con el mercado laboral, a su vez al no presentar este una estructura competitiva, la adición del canal de transmisión altera de manera significativa el equilibrio y la dinámica del modelo. Sin embargo, para fines de esta investigación, se propone la modificación del escenario base para tratar de adaptarlo a la economía mexicana, para lo cual supondremos que existe un hogar representativo que, para el conjunto de hogares, significa comenzar con una riqueza financiera e historia de consumo idéntica. Al entender al hogar como una unidad representativa supondremos que pueden ser empleados o desempleados; y se van a asegurar contra las fluctuaciones en los ingresos. Es así que los hogares van a consumir C_t , cuando estén empleados N_t y el trabajar les genera una desutilidad H_t , por lo cual podemos describir sus preferencias como:

$$E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u_t^b \left[\frac{(C_t - \chi(C_{t-1}))^{1-\sigma}}{1-\sigma} - u_t^l N_{it} \frac{H_{it}^{1+\mu}}{1+\mu} \right]$$

donde: $\beta \in (0,1)$ es un factor de descuento, el grado de aversión al riesgo será expresado por $\sigma > 0$, μ es la elasticidad inversa de Frisch de la oferta de trabajo. Por hipótesis se asume la existencia de una persistencia de

los hábitos de consumo que se representan por $\chi \in [0,1]$ y serán una fracción del consumo del periodo anterior (C_{t-1}). La utilidad está sujeta a un shock en las preferencias u_t^b y shock en la oferta de trabajo u_t^l que adopta la forma de un proceso AR(1). El hogar representativo maximizará la utilidad y enfrenta la siguiente restricción presupuestaria intertemporal:

$$(1 + \tau_t^c)C_t + I_t + B_t = R_{t-1} + (1 - \tau_t^w)W_{it}N_{it}H_{it} + J_t \\ + (1 - \tau_t^k)R_t^K v_t K_{t-1}$$

En la restricción intertemporal existen tres tipos de impuestos: al consumo τ_t^c , al ingreso laboral τ_t^w y al ingreso de capital τ_t^k . Los hogares poseerán los bonos⁶ B_t , los que van a pagar una tasa de interés bruta R_t . El gobierno tiene la posibilidad de realizar transferencias de cuota fija que se denotan con J_t y las empresas pagan por las horas de trabajo contratadas un salario real W_{it} . Al maximizar la función de utilidad que está sujeta a la restricción presupuestaria, la ley de movimiento del capital, junto con la ecuación que rige el comportamiento de su depreciación, se obtiene las condiciones de primer orden del hogar representativo:

$$\frac{u_t^b(C_t - \chi C_{t-1})^{-\sigma}}{1 + \tau_t^c} = E_t \beta R_t \left[\frac{u_{t+1}^b(C_{t+1} - \chi C_t)^{-\sigma}}{1 + \tau_{t+1}^c} \right] \\ 1 = \left[1 - S\left(\frac{u_t^l I_t}{I_{t-1}}\right) - S'(\cdot) \frac{u_t^l I_t}{I_{t-1}} \right] q_t + E_t \left[\beta q_{t+1} \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} S''(\cdot) \frac{u_{t+1}^l I_{t+1}^2}{I_t^2} \right] \\ q_t = E_t \left\{ \beta \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left[q_{t+1}(1 - \delta_1(v_{t+1})) + ((1 - \tau_t^k)R_{t+1}^K v_{t+1}) \right] \right\} \\ (1 - \tau_t^k)R_t^K = q_t(\delta_1 + (v_t - 1)\delta_2)$$

⁶ Supondremos que los bonos son sin riesgo para un periodo.

donde $\lambda_t = u_t^b (C_t - \chi C_{t-1})^{-\sigma} / (1 - \tau_t^f)$ es el multiplicador de Lagrange en la restricción presupuestaria que representa la utilidad marginal y la q_t de Tobin en términos marginales estará dada por $q_t = Q_t / \lambda_t$ es el multiplicador de Lagrange en la tecnología de acumulación de capital.

2.3. Negociación Salarial

Al coincidir una empresa y un trabajador, comparten una renta económica que se divide en la solución de negociación de Nash. En este sentido, la naturaleza de la solución de negociación de Nash tiene cuatro axiomas fundamentales: eficiencia (en el sentido de Pareto), simetría, invarianza escalar e independencia de alternativas irrelevantes; y muestra que la solución que ofrece es aquella que maximiza el producto de las utilidades de los agentes, entre un trabajador y una empresa, esto implica que la pareja debe elegir un salario para maximizar las utilidades:

$$W_t = \arg \max_{\{W_t\}} \left[(S_t^H)^\eta (S_t^F)^{1-\eta} \right]$$

donde S_t^H y S_t^F son el excedente de los hogares y las firmas respectivamente, el poder de negociación relativo del trabajador está dado por $\eta \in (0,1)$. Ahora se define la función de valor de los activos para determinar el excedente de los hogares, la cual está dada por:

$$S_t^H = (1 - \tau_t^W) W_t H_t - \frac{u_t^l H_t^{1+\mu}}{\lambda_t (1 + \mu)} \\ + E_t \left\{ \beta \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} [(1 - \rho) - \theta_{t+1} q(\theta_{t+1})] S_{t+1}^H \right\}$$

En el caso del excedente de las firmas estará dado por:

$$S_t^F = \alpha Z_t \Gamma_t (v_t K_{t-1})^{1-\alpha} (N_t)^{\alpha-1} H_t^\alpha - W_t H_t + E_t \left[\beta \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} (1 - \rho) S_{t+1}^F \right]$$

Los hogares reciben un salario, tienen una desutilidad del trabajo, y se benefician de un valor continuo de estar empleados si el trabajo no se destruye. De lo contrario, no reciben nada. El excedente de las

empresas es impulsado por la producción y es reducido por el salario y el valor del emparejamiento. Por lo tanto, si sustituimos la función de valor del excedente de los Hogares y de las Empresas en la condición del salario real en términos de hora⁷, obtenemos:

$$W_t = \frac{(1-\eta) \frac{u_t^l H_t^{1+\mu}}{\lambda_t(1+\mu)} + \eta \alpha Z_t \Gamma_t (v_t K_{t-1})^{1-\alpha} (N_t H_t)^{\alpha-1} H_t + E_t \left[\eta \beta \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} c \theta_{t+1} \right]}{((1-\tau_t^W)(1-\eta) + \eta) H_t}$$

Será necesario incluir una condición de optimalidad para la oferta de horas de trabajo $S_t = S_t^H + S_t^F$. Es así que las horas de trabajo exhiben la necesidad de maximizar el excedente conjunto de los hogares y las firmas:

$$\begin{aligned} (1-\tau_t^W)W_t - \frac{u_t^l}{\lambda_t} H_t^\mu + \alpha^2 Z_t \Gamma_t (v_t K_{t-1})^{1-\alpha} (H_t N_t)^{\alpha-1} \\ + \psi \Gamma_{t-1} Z_t (v_t K_{t-1})^{1-\alpha} (N_t)^{\alpha-1} H_t^\alpha - W_t = 0 \end{aligned}$$

Reacomodamos la ecuación anterior tenemos que:

$$\begin{aligned} \alpha^2 Z_t \Gamma_t (v_t K_{t-1})^{1-\alpha} (H_t N_t)^{\alpha-1} + \psi \Gamma_{t-1} Z_t (v_t K_{t-1})^{1-\alpha} \\ (N_t)^{\alpha-1} H_t^\alpha = \frac{u_t^l}{\lambda_t} H_t^\mu + \tau_t^W W_t \end{aligned}$$

El lado izquierdo de la ecuación nos muestra la productividad marginal de las horas de trabajo y el efecto de las horas de trabajo en la productividad, lo cual debe ser igual a la tasa marginal de sustitución neta de los impuestos, este resultado guarda concordancia con lo obtenido por Wesselbaum (2018), en donde está presente un canal de transmisión $\psi > 0$, en las horas de trabajo, el cual tienen un efecto en la productividad y, por lo tanto, en la elección óptima de horas. Si el canal no está presente ($\psi = 0$), se regresa al resultado estándar de que la productividad marginal de las horas es igual a la tasa marginal de sustitución (neta de impuestos).

⁷ El salario real debe resolver $S_t^H = \left(\frac{\eta}{1-\eta}\right) S_t^F$

2.4. Gobierno y política fiscal

En este modelo supondremos que el gobierno puede utilizar varios instrumentos de política fiscal. El primero de ellos es el de los bonos B_t los cuales pueden ser emitidos de manera discrecional por la autoridad fiscal; G_t es el gasto de Gobierno y las transferencias J_t . Estos gastos van a ser financiados por la utilización de impuestos distorsionadores, τ_t^K , τ_t^W , τ_t^C . En general, cinco de esos instrumentos se pueden establecer de forma independiente, mientras que el sexto se deriva de la restricción presupuestaria del gobierno:

$$B_t + \tau_t^K R_t^K v_t K_{t-1} + \tau_t^W W_t N_t H_t + \tau_t^C C_t = R_{t-1} B_{t-1} + G_t + J_t$$

Al existir la posibilidad que los cambios en la política fiscal sean tomados de manera discrecional (Galí y Perotti, 2003), se opta por incorporar la propuesta de Regla Fiscal⁸ establecida Leeper *et al.* (2010:306) en términos de desviaciones del estado estacionario y determinaran el comportamiento de las variables fiscales:

$$G_t = -\varrho_G Y_t - \Omega_G B_{t-1} + Q_t^G$$

$$\tau_t^K = \varrho_K Y_t + \Omega_K B_{t-1} + \phi_{KW} Q_t^W + \phi_{KC} Q_t^C + Q_t^K$$

$$\tau_t^L = \varrho_W Y_t + \Omega_W B_{t-1} + \phi_{KW} Q_t^K + \phi_{WC} Q_t^C + Q_t^W$$

$$\tau_t^C = \phi_{WC} Q_t^W + \phi_{KC} Q_t^K + Q_t^C$$

$$J_t = -\varrho_J Y_t - \Omega_J B_{t-1} + Q_t^J$$

En estas ecuaciones de comportamiento de las variables fiscales existen cuatro shocks transitorios a los instrumentos de política fiscal en la economía, los que denotaremos como $Q_t^i = \rho_i Q_{t-1}^i + \epsilon_t^i$ para $i = \{G, K, W, J\}$ y siguen reglas que permiten una respuesta a la posición cíclica de la economía ($\varrho_i \geq 0$ para $i = \{G, K, W, J\}$) y a los cambios en el nivel de deuda del gobierno ($\Omega_i \geq 0$ para $i = \{G, K, W, J\}$). Para capturar la

⁸ La regla fiscal debe incorporar tres características, a saber: la primera un componente automático de estabilización a movimientos de las variables fiscales, la segunda todos los instrumentos, excepto los impuestos al consumo, deben responder al estado de la deuda de gobierno y la tercera que las perturbaciones que afectan a una tasa impositiva también afecten a otras tasas impositivas al mismo tiempo (Leeper *et al.*, 2010).

naturaleza persistente de los cambios exógenos en los instrumentos, permitiremos que los shocks estén correlacionados de manera serial ($\rho_i \in [0,1]$ para $i = \{G, K, W, J\}$). Además se incluye dentro de las reglas fiscales un término de error ($\epsilon_t^i \sim N(0,1)$ para $i = \{G, K, W, J\}$), para capturar cambios inesperados en la política. Los parámetros ϕ_{ij} son factores de control que va a actuar cuando un movimiento imprevisto en una tasa impositiva se deba a un shock exógeno a otra tasa impositiva.

De acuerdo con Leeper *et al.* (2010:314-317) los supuestos sobre qué instrumentos fiscales se ajustan a los cambios en la posición de la deuda, deben desempeñar un papel fundamental en la determinación de las rutas de transición de las variables en respuesta a las crisis fiscales. Es así que se espera que las transferencias responden a la deuda y las partes anticíclicas de la política, dado que las transferencias no son distorsionadoras en el modelo, los cambios exógenos a las transferencias no tienen efecto en las decisiones de ahorro y consumo de los agentes. Por lo tanto, la única manera en que el modelo puede igualar ciertas correlaciones entre transferencias y algunas variables es si las transferencias responden a variables endógenas. En particular, las transferencias y la deuda del gobierno están correlacionadas negativamente, pero si las transferencias no responden a la deuda, el modelo no puede reproducir esta característica. En el equilibrio para las condiciones iniciales dadas, es una secuencia dependiente del estado de:

$$\{C_t, I_t, Y_t, V_t, M_t, H_t, N_t, U_t, \theta_t, B_t, G_t, \tau_t^K, \tau_t^W, \tau_t^c, J_t, \delta_t, \chi_t, K_{t-1}, q_t, \Gamma_t\}_{t=0}^{\infty}$$

Al estar definidos el conjunto de precios ($\{W_t, R_t^K, R_t\}_{t=0}^{\infty}$) que una secuencia que depende del estado, el hogar resuelve su problema de optimización, por otra parte, las firmas resuelven la maximización de los beneficios y el gobierno mantiene la restricción determinados los procesos que siguen sus instrumentos fiscales. En el equilibrio simétrico, el factor y el mercado de bienes son claros y la restricción de los recursos de la economía está dada por: $Y_t = C_t + I_t + G_t + cV_t$.

3. ALGUNOS HECHOS ESTILIZADOS DE LA CICLICIDAD DE LA POLÍTICA FISCAL EN MÉXICO

En esta sección se analizan las principales regularidades empíricas que caracterizan al déficit primario estructural (se ajusta cíclicamente)

siguiendo la metodología propuesta por Galí y Perotti (2003: 543) en el periodo 1993.I-2019.IV, el cual se puede interpretar como un indicador de la política fiscal, puesto que las variaciones en el déficit primario estructural influyen en la demanda agregada, pues resultan de los cambios en los impuestos o el gasto de gobierno. Para ello, se calculó el saldo del balance presupuestario ajustado en función del ciclo (CAB) de acuerdo con la información publicada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), INEGI y Banxico; todos los datos fueron ajustados trimestralmente, desestacionalizados y deflactados a precios 2013.

Siguiendo la propuesta de Galí y Perotti (2003:543) para analizar la evolución del CAB, se utilizan las definiciones de Debrun y Kapoor (2010:7-8), para quién el saldo del balance presupuestario es $B^*=R^*+G^*$ y el $CAB=B^*/Y^*$, que se puede reexpresar de la siguiente manera:

$$CAB = \frac{R^* - G^*}{Y^*} = \frac{R \left(\frac{Y^*}{Y} \right)^\eta - G \left(\frac{Y^*}{Y} \right)^\nu}{Y^*}$$

donde R^* , Y^* y G^* , corresponden a los niveles estructurales de los ingresos, nivel de producción y gastos, η es la elasticidad de los ingresos con respecto a la brecha del producto y la elasticidad de los gastos con respecto a la brecha de producto ν . Si se supone que el valor de las elasticidades son $\eta=1$ y $\nu=0$; con una transformación en los términos tenemos que:

$$CAB = \frac{B}{Y} - \left(\frac{G}{Y} \right) y$$

Con esta desagregación podemos observar las acciones discrecionales elegidas por las autoridades, es decir podemos dividir en dos componentes las decisiones discrecionales: en primer lugar el componente sistemático (endógeno) β y el segundo componente exógeno ϵ_t que es independiente del comportamiento cíclico de la economía. Los cuales se obtienen de la siguiente ecuación:

$$CAB_t = \alpha + \beta y_t^{gap} + \vartheta CAB_{t-1} + \epsilon_t$$

Se realizan la estimación de la ecuación del CAB mediante un modelo Autorregresivo de Medias Móviles con entradas exógenas (ARMAX), se propone utilizar todas la variables en términos de su tasa de crecimiento,

para lo cual se transforman a logaritmos y se utilizan en primera diferencia; a su vez se analiza si las series son estacionarias a través de la prueba de Dickey-Fuller aumentada (DFA), con constante, tendencia y un rezago, siendo integradas de orden (0). Para la construcción del modelo se utiliza la metodología propuesta por Wei (2006:322-363) mediante la cual obtenemos la estructura para la estimación del modelo AR(3, 5, 9) MA(2, 6); a continuación se presenta la ecuación teórica simplificada:

$$\begin{aligned} CAB_t = & [\omega + \alpha - \phi_3\alpha - \phi_5\alpha - \phi_9\alpha] + \beta y_t^{gap} + \theta CAB_{t-1} + \phi_3 CAB_{t-3} \\ & - \phi_3\beta y_{t-3}^{gap} - \phi_3\theta CAB_{t-4} + \phi_5 CAB_{t-5} - \phi_5\beta y_{t-5}^{gap} - \phi_5\theta CAB_{t-6} \\ & + \phi_9 CAB_{t-9} - \phi_9\beta y_{t-9}^{gap} - \phi_9\theta CAB_{t-10} + \theta_2\epsilon_{t-2} + \theta_6\epsilon_{t-6} + \epsilon_t \end{aligned}$$

En el cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos de la ecuación del saldo de balance presupuestario ajustado en función del ciclo, de lo que podemos concluir que el rezago del CAB no es estadísticamente significativo, pero para el caso de la brecha del producto resulta ser significativo al 95% de confianza, siendo los residuos son estacionarios, independientes y no presentan rezagos que sobresalgan de la función de autocorrelación o autocorrelación parcial⁹.

CUADRO. 1
ESTIMACIÓN DE LA ECUACIÓN CAB MEDIANTE ARMAX

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadístico Z	P-value
y_t^{gap}	0.000164	0.000045	2.11	0.034
CAB_{t-1}	0.1402051	0.1239646	1.13	0.258
Const	-0.000027	0.0000164	3.64	0.000
ϕ_3	0.3037258	0.0660837	4.6	0.000
ϕ_5	0.2512618	0.1026266	2.45	0.014
ϕ_9	0.219804	0.1140026	1.93	0.054
θ_2	0.3079108	0.0922298	3.34	0.001
θ_6	0.2636565	0.1247039	1.64	0.100
σ	0.0000258	1.31E-06	19.65	0.000

Fuente: Elaboración propia.

⁹ A partir de la Dickey- Fuller- Aumentada, la prueba de Ljung-Box Q y las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial.

La evidencia empírica sugiere que existe relación entre el saldo del balance presupuestario ajustado en función del ciclo y la brecha del producto, por lo tanto, encontramos una posición de la política fiscal procíclica en México.

4. CALIBRACIÓN Y RESULTADOS DEL DSGE

En esta sección se analizan y comparan los resultados que se obtuvieron de la simulación del modelo de equilibrio general dinámico estocástico con regla fiscal y canal endógeno de transmisión de la política fiscal, similar al propuesto por Wesselbaum (2018), para estudiar como responde a las fluctuaciones de la economía mexicana¹⁰. Comenzaremos por determinar los estados estacionarios de las variables endógenas a partir de las condiciones de equilibrio del modelo propuesto, para lo que se considera que al encontrar el equilibrio, debe existir un valor para cada una de las variables endógenas que se mantiene a lo largo del tiempo, por lo tanto, X_t se encuentra en su estado estacionario¹¹.

Se establece el valor del factor de descuento β igual a 0.97, lo que implica una tasa de interés fija anual fija del 5.85%, a su vez se establece que $\alpha=0.5840$; lo que implica una participación laboral del 41.60% y fue tomada del calculo de un modelo estructural para estimar el producto potencial de la economía mexicana. La tasa de depreciación anual en el estado estacionario¹² es de 9.52% lo que implica una $\delta_0=0.0238$. Para el caso de δ_1 se calibró para garantizar que en el estado estacionario la utilización del capital fuera igual a la unidad. Para las tasas impositivas del capital ($\tau_t^K=6.50\%$), trabajo ($\tau_t^W=13.6\%$) y consumo ($\tau_t^C=6.70\%$) se utilizaron las tasas efectivas de los instrumentos fiscales calculadas para México por de Silva (2014:184). Para definir el valor de algunas variables necesarias para determinar el estado estacionario de las variables endógenas, se fija la elasticidad inversa de Frisch con un valor de 2, el grado de aversión al riesgo de los hogares igual a 1.75, la

¹⁰ En la sección anterior modificamos el modelo de Wesselbaum (2018) cambiando la función de utilidad de los hogares, se eliminan los beneficios de desempleo y se sustituye la regla fiscal utilizando por la propuesta de Leeper *et al.* (2010).

¹¹ Para el caso de la productividad en los modelos RBC, se asume que $E(\epsilon_t^Z = 0)$, por lo tanto, al no ser posible conocer el valor de la productividad en el estado estacionario se le asigna el valor de 1.

¹² Se utiliza la tasa de depreciación que se usó para construir el acervo de capital de acuerdo con la metodología propuesta por Loria y de Jesús (2007).

persistencia de los hábitos de consumo de 0.5, lo que nos proporciona los valores del estado estacionario. En el caso del mercado laboral se toman los parámetros utilizados por Wesselbaum (2018), al no tener estudios previos para la economía mexicana sobre algunos de estos como es la elasticidad de la función de coincidencias (ς), la tasa de separación del empleo (ρ), el costo por vacante ($c=0.025$), se asume una tasa de desempleo igual al 10%. Aunado a esto se utiliza la proporción del gasto público y la deuda con respecto al PIB se utilizó la media del gasto de gobierno y la deuda del sector público del primer 1993 al cuarto trimestre de 2019, siendo desestacionalizados y ajustados a precios de 2013.

Para contrastar los parámetros calibrados del sistema de ecuaciones log-linealizado que se simuló, procedemos a estimarlos mediante técnicas bayesianas¹³, que de acuerdo con Smets y Wounters (2003), permiten en primer lugar formalizar el uso de información proveniente de estudios previos y, por lo tanto, establece un vínculo explícito con la literatura basada en la calibración; y en segundo lugar, el incorporar un punto de vista práctico, al poder utilizar distribuciones a priori sobre los parámetros estructurales. Para ser más específicos sobre algunos de los parámetros, las autocorrelaciones ρ_i con $j=b, l, i, c, J, G, Z, K, D$ se supondrá que tienen una distribución gama, con medias y desviaciones estándar distintas entre algunos de ellos; la calibración difiere en algunos de los valores con los empleados por Smets y Wounters (2003) y Wesselbaum (2018), para los errores estándar se utilizó una distribución gama inversa con media 0.1 y error estándar de 0.2 similar a la de Leeper *et al.* (2010), los resultados de los parámetros¹⁴ del modelo estimado se presentan en el cuadro 2.

CUADRO 2
DISTRIBUCIÓN A PRIORI Y POSTERIORI DE LOS PARÁMETROS

Parámetro	prior	post	90% HDP interval.
ψ (Comp. Endógeno)	0.2	0.2836	(0.2215, 0.3535)
ϑ (Comp. Exógeno)	0.25	0.3308	(0.2896, 0.3794)

¹³ Se utilizó una rutina de optimización basada en Monte-Carlo, con 10,000 repeticiones.

¹⁴ Los valores establecieron en concordancia con las estimaciones de otros estudios en la literatura [Leeper *et al.* (2010), Wesselbaum(2018), Smets y Wounters (2003), Menna (2016)]; y los errores estándar se establecieron de modo que cubran un rango razonable de valores que incluya los valores estimados por otros estudios.

CUADRO 2 (CONTINUACIÓN)

Parámetro	prior	post	90% HDP interval.
σ (aversión riesgo Hogares)	1.75	1.9475	(1.819, 2.0749)
μ (Elasticidad inversa Frisch)	2	2.1987	(2.0461, 2.3083)
χ (Pers. Habitos consumo)	0.5	0.5529	(0.5116, 0.5922)
ς (Elasticidad match fct.)	0.6	0.7354	(0.6501, 0.7968)
ρ (Tasa de separación empleo)	0.08	0.073	(0.0618, 0.0827)
S (Utilización del Capital)	5	5.5123	(4.8858, 6.0936)
δ_0 (Tasa depreciación)	0.024	0.0412	(0.0349, 0.0472)
Ω_G (Respuesta Gasto a la deuda)	0.4	0.3895	(0.3283, 0.4495)
Ω_K (Respuesta τ_t^K a la deuda)	0.4	0.3475	(0.2246, 0.4792)
Ω_I (Respuesta J a la deuda)	0.4	0.4341	(0.3655, 0.5108)
Ω_I (Respuesta τ_t^I a la deuda)	0.4	1.1382	(0.9984, 1.2568)
q_I (Respuesta J a la pos. Econ.)	0.13	0.1509	(0.0772, 0.2665)
q_K (Respuesta τ_t^K a la pos. Eco.)	1	0.8595	(0.297, 1.3809)
q_I (Respuesta τ_t^I a la pos. Eco.)	0.5	0.608	(0.4036, 0.7868)
q_G (Respuesta Gasto a la pos. Eco.)	0.07	0.1035	(-0.0061, 0.1933)
ϕ_{KW} (Ajuste τ_t^K ante shock en τ_t^I)	0.25	0.2214	(0.1182, 0.3173)
ϕ_{KC} (Ajuste τ_t^K ante shock en τ_t^I)	0.05	0.0241	(-0.0445, 0.0897)
ϕ_{WC} (Ajuste τ_t^I ante shock en τ_t^K)	0.05	0.0226	(-0.0373, 0.1029)

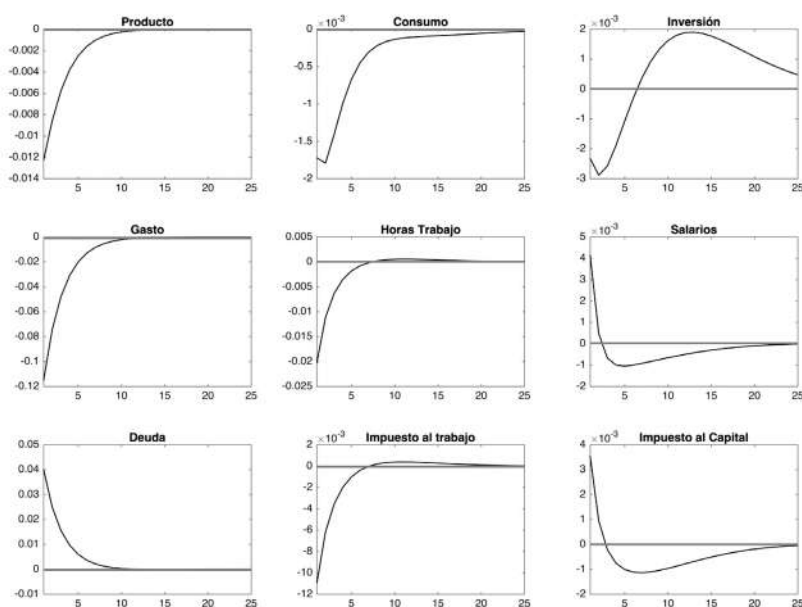
Fuente: Elaboración propia.

De las simulaciones anteriores se encontró que la utilización de la regla de fiscal¹⁵ similar a la de Leeper *et al.* (2010) en el modelo con canal endógeno de crecimiento y fricciones en el mercado laboral (Wesseibaum, 2018) adecuado para la economía mexicana, se encontró que presenta un buen desempeño, si bien se parte de una hipótesis *ad-hoc*

¹⁵ Se asume que la reacción de los instrumentos de política fiscal a la posición de la deuda es contemporánea.

del efecto learning by doing, las estimaciones *a posteriori* por medio de técnicas bayesianas sugieren que nuestra hipótesis no es del todo errónea. Para evaluar el mecanismo de reacción ante cambios imprevistos en los instrumentos fiscales al influir de forma indirecta en la producción y de manera directa en la demanda, permitiría suponer que tienen un impacto sustancial en la dinámica de la actividad económica, en la gráfica 1 se presenta la función impulso respuesta de un shock en el gasto público.

GRÁFICA 1
FUNCIÓN IMPULSO RESPUESTA ANTE UN SCHOCK EXÓGENO EN G

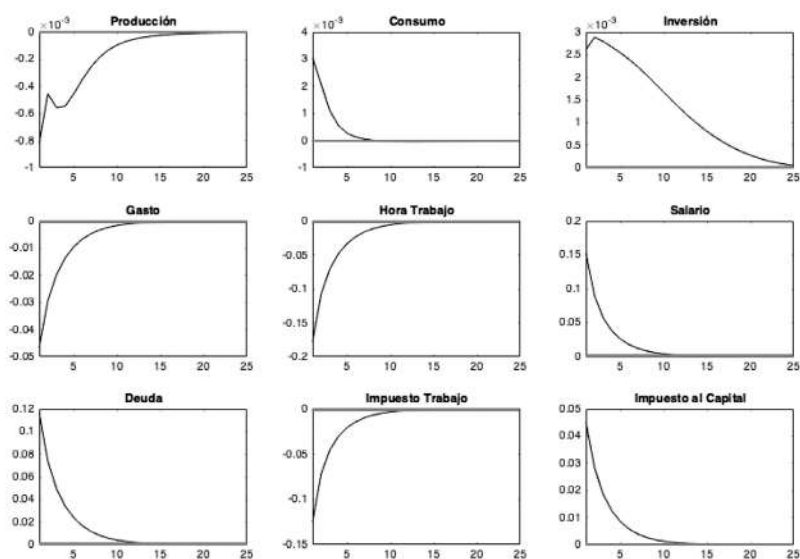


Fuente: Elaboración Propia

La evidencia sugiere que ante un cambio no previsto en el gasto público en el corto plazo influye sobre el nivel de producción y tarda alrededor de 10 trimestres para regresar a su senda, no obstante para el caso del consumo tarda alrededor de 25 trimestres en regresar a su nivel de largo plazo y la inversión se encuentra después de este tiempo sobre su senda, en lo referente a los instrumentos de política

fiscal encontramos que la regla utiliza la deuda en el corto plazo para compensar la caída en el gasto y utiliza los otros instrumentos fiscales para amortiguar la dinámica generada por el shock, pero en el caso del consumo parece ser persistente el efecto en el mediano plazo. En la gráfica 2 se presenta las estimaciones de la función impulso respuesta ante una recesión, de lo cual el uso de la regla fiscal permitió amortiguar la recesión en el nivel agregado de producción al aumentar el nivel de deuda en el primer trimestre; a su vez la tasa del impuesto al trabajo disminuye, siendo la posición de estos dos instrumentos contracíclica, en lo concerniente a la dinámica de las horas empleadas y el salario es concordante al tener como supuesto en este modelo un canal de productividad endógeno.

GRÁFICA 2
FUNCIÓN IMPULSO RESPUESTA DE LOS INSTRUMENTOS FISCALES ANTE UNA RECESIÓN



Fuente: Elaboración Propia

Este experimento sobre la regla fiscal ofrece algunos hechos estilizados sobre el uso de una regla fiscal más flexible, no obstante es necesario señalar que se parte del supuesto que la respuesta del gasto a la posición del ciclo económico es del 0.07, las transferencias el

0.20, el impuesto al trabajo del 0.5, y el caso del impuesto al capital será la reacción del tamaño de la desviación de la producción de su trayectoria de largo plazo, esto quiere decir que si se desvía el producto un 1%, la reacción del gasto es del 0.07%, las transferencias del 0.20% y la tasa del impuesto al trabajo 0.50%, que en contraste con las reglas fiscales que mantienen el déficit fiscal en un nivel determinado, no reaccionan con posiciones contracíclicas en periodos de recesión. En lo referente al componente endógeno, si bien se parte de una hipótesis *ad-hoc* sobre la existencia del efecto *learning by doing* las estimaciones bayesianas refuerzan esto al obtener un valor medio *a posteriori* de 0.2838, con Highest Posterior Density (HDP) al 90% de 0.2215, 0.3535; en el caso del mercado del trabajo se parte de algunos de los parámetros utilizados por Wesselbaum (2018), al no contar con estudios previos para la economía mexicana de modelos de búsqueda de empleo y fricciones laborales.

CONCLUSIONES

La evidencia empírica sugiere que existe una relación entre el saldo del balance presupuestario ajustado en función del ciclo (CAB) y la brecha del producto, lo cual nos indicaría que la política fiscal en México mostró una posición procíclica, si bien el CAB, puede asegurar la sostenibilidad a largo plazo de las finanzas públicas, para Larch y Turrini (2010:49) es necesario que su postura sea contracíclica para permitir a los estabilizadores automáticos amortiguar las fluctuaciones cíclicas.

Al respecto, para Moreno-Brid y Ros (2009:204-205) la explicación más frecuente de la adopción de una política fiscal procíclica surge por los problemas de credibilidad que caracterizaron al gobierno mexicano, no obstante si el diagnóstico de falta de credibilidad es cierto, la respuesta debería ser establecer la credibilidad en lugar de continuar con una práctica que exacerba las recesiones. Esto no quiere decir que la postura fiscal sostenible debe dejarse de lado, más bien se debe establecer un tope de endeudamiento público como proporción del PIB que permita preservar la estabilidad de las finanzas públicas en el mediano plazo, sin eliminar la posibilidad de tener margen de maniobra en el corto plazo.

Para analizar la viabilidad del uso de los instrumentos fiscales como mecanismos de suavizamiento de las fluctuaciones a lo largo del ciclo económico, se estimó un modelo DSGE que se basa en la propuesta de Wesselbaum (2018) para la introducción de un canal endógeno de crecimiento, pero se hacen tres adecuaciones: la primera es la modificación de la función de utilidad de los hogares, la segunda es la eliminación de los beneficios por desempleo al no ser concordantes con la economía mexicana y la tercera es el uso de la regla fiscal propuesta por Leeper *et al.* (2010), con el supuesto de reacción contemporánea de los instrumentos fiscales a la deuda. En lo referente a algunos parámetros importantes del mercado laboral, se utilizaron los valores propuestos por Wesselbaum (2018), al no tener estudios previos para la economía mexicana sobre algunos de estos, como es la elasticidad de la función de coincidencias, la tasa de separación del empleo y el costo por vacante, a su vez se asume una tasa de desempleo igual al 10%. Para el componente de crecimiento endógeno, se parte de una hipótesis *ad-hoc* del efecto learning by doing, por lo tanto los bienes de capital nuevos incorporan todos los conocimientos disponibles, pero una vez que construyeron su eficiencia productiva, esta ya no puede ser alterada por el aprendizaje posterior. Las estimaciones *a posteriori* por medio de técnicas bayesianas sugieren que esta hipótesis fue razonable.

A su vez de las simulaciones, encontramos que la regla fiscal que utilizamos al responder a la posición de la deuda y al nivel de actividad económica, permite que en periodos de auge los ingresos excedentes se destinen para disminuir el nivel de deuda y en periodos de contracción tiene la posibilidad de utilizar medidas contracíclicas en los instrumentos de política fiscal. En el caso particular de la deuda, permitiría obtener mejores condiciones en los mercados financieros al llevar un manejo responsable de la misma, a su vez permitirá suavizar las desviaciones del estado estacionario al influir de manera directa en el nivel de producción y de manera indirecta en las decisiones de los hogares a partir de sus restricciones intertemporales, estos resultados nos esbozan los mecanismos de propagación de las fluctuaciones del ciclo económico y que el uso de una regla más flexible en una economía con un mercado laboral con fricciones, puede amortiguar los shocks y no generar una mayor inestabilidad a lo largo del ciclo.

REFERENCIAS

- Alesina, Alberto, Campante, Filipe y Tabellini, Guido (2008). Why is fiscal policy often procyclical?. *Journal of the European Economic Association*, 6(5), 1006–1036.
- Aiyagari, S. Rao, Marcet, Albert, Sargent, Thomas J., y Seppälä, Juha (2002). Optimal Taxation without State-Contingent Debt. *Journal of Political Economy*, 110(6), 1220–1254.
- Avellan, Leopoldo y Vuletin, Guillermo (2015). Fiscal procyclicality and output forecast errors. *Journal of International Money and Finance*, 55, 193–204.
- Balassone, Fabrizio., Francese, Maura y Zotteri, Stefania (2010). Cyclical asymmetry in fiscal variables in the EU. *Empirica*, 37(4), 381–40.
- Battaglini, Marco y Coate, Stephen (2008). A dynamic theory of public spending, taxation, and debt. *The American Economic Review*, 98(1), 201–236.
- Barseghyan, Levon, Battaglini, Marco y Coate, Stephen (2013). Fiscal policy over the real business cycle: A positive theory. *Journal of Economic Theory*, 148(6), 2223–2265.
- Bergman, U. y Hutchison, Michael (2015). Economic stabilization in the post-crisis world: Are fiscal rules the answer?. *Journal of International Money and Finance*, 52(1), 82–101.
- Bergman U. y Hutchison, Michael (2020). Fiscal procyclicality in emerging markets: The role of institutions and economic conditions. *International Finance*, 23(2), 196–214.
- Caballero, Ricardo y Hammour, Mohamad. (1994). The cleansing effect of recessions. *The American Economic Review*, 84(5), 1350–1368.
- Cassou, Steven, Shadmani, Hedieh y Vázquez, Jesus (2017). Fiscal policy asymmetries and the sustainability of us government debt revisited. *Empirical Economics*, 53(3), 1193–1215.
- Chari, Varadarajan, Christiano, Lawrence y Kehoe, Patrick (1994). Optimal Fiscal Policy in a Business Cycle Model. *Journal of Political Economy*, 102(4), 617–652.
- Chávez, Juan Carlos, Rodríguez, Ricardo y Fonseca, Felipe (2010). Vacas gordas y vacas flacas: La política fiscal y el balance estructural en México, 1990-2009. *Estudios Económicos*, 25(2), 309–336.
- Christiano, Lawrence, Eichenbaum, Martin y Evans, Charles L. (2005). Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy. *Journal of Political Economy*, 113(1), 1–45.
- Combes, Jean-Louis., Minea, Alexandru y Sow, Moussé. (2017). Is fiscal policy always counter- (pro-) cyclical? the role of public debt and fiscal rules. *Economic Modelling*, 65, 138–146.
- Currie, David y Levine, Paul (1993). *Rules, Reputation and Macroeconomic Policy Coordination*, Cambridge University Press.

- Demirel, Ufuk (2010). Macroeconomic stabilization in developing economies: Are optimal policies procyclical?. *European Economic Review*, 54(3), 409–428.
- Debrun, Xavier y Kapoor, Radhicka. (2010). Fiscal policy and macroeconomic stability: automatic stabilizers work, always and everywhere. *Number 10-111. International Monetary Fund*.
- Esquivel, G. y Peralta, W. (2013). A structural fiscal balance rule for México. Discussion Paper 294, Inter-American Development Bank.
- Galí, Jordi y Hammour, J. (1991). *Long Run Effects of Business Cycles*. Mimeo, Columbia University Graduate School of Business.
- Galí, Jordi y Perotti, Roberto (2003). Fiscal Policy and Monetary Integration in Europe. *Economic Policy*, 18(37), 535–572.
- Gavin, Michael y Perotti, Roberto (1997). Fiscal policy in Latin America. *NBER macroeconomics annual*, 12(1), 11–61.
- Gogas, Periklis y Pragidis, Ioannis (2015). Are there asymmetries in fiscal policy shocks?. *Journal of Economic Studies*, 42(2), 303–321.
- Guerguil, Martine, Mandon, Pierre y Tapsoba, René (2017). Flexible fiscal rules and countercyclical fiscal policy. *Journal of Macroeconomics*, 52, 189–220.
- Larch, Martin y Turrini, Alessandro (2010). The cyclically adjusted budget balance in EU fiscal policymaking. *Intereconomics: Review of European Economic Policy*, 45(1), 48–60.
- Leeper, Erick M., Plante, Michael y Traum, Nora (2010). Dynamics of fiscal financing in the United States. *Journal of Econometrics*, 156(2), 304–321.
- Loría, Eduardo y de Jesús, Leobardo (2007). Los acervos de capital de México. Una estimación, 1980.I–2004.IV. *El Trimestre Económico*, 74(294(2)), 475–485.
- Moreno-Brid, Juan Carlos y Ros, Jaime (2009). *Development and Growth in the Mexican Economy: An Historical Perspective*. Oxford, Oxford University Press.
- Kaminsky, Graciela, Reinhart, Carmen y Végh, Carlos (2004). When it rains, it pours: Procyclical capital flows and macroeconomic policies. *NBER Macroeconomics Annual*, 19(1), 11–53.
- Kuncoro, Haryo (2016). The Credibility of Fiscal Rules Policy and Business Cycle Volatility. *Scientific Annals of Economics and Business*, 63(2), 209–224.
- McManus, Richard y Ozkan, F. (2015). On the Consequences of Pro-Cyclical Fiscal Policy. *Fiscal Studies*, 36(1), 29–50.
- Menna, Lorenzo (2016). Optimal fiscal and monetary policies under limited asset market participation. *Italian Economic Journal*, 2(3), 363–383.
- Riera-Crichton, Daniel, Vegh, Carlos y Vuletin, Guillermo (2015). Procyclical and countercyclical fiscal multipliers: Evidence from OECD countries. *Journal of International Money and Finance*, 52, 15–31.

- Schmitt-Grohé, Stephanie y Uribe Martín (2012). What's news in business cycles. *Econometrica*, 80(6), 2733–2764.
- Silva, Francisco (2014). Estimación de la recaudación potencial en el impuesto al trabajo y a los ingresos al capital: Comparativo entre México y Estados Unidos. *Mexican Journal of Economics and Finance*, 9(2), 175–194.
- Smets, Frank y Wouters, Raf. (2003). An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the Euro Area. *Journal of the European Economic Association*, 1(5), 1123–1175.
- Valdés Iglesias, Edson (2021). *Sincronización de la política fiscal y el ciclo económico: el caso de México*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Ciudad de México, México.
- Wei, William (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. Pearson Addison Wesley.
- Wesselbaum, Dennis (2018). Fiscal Policy in a Business Cycle Model with Endogenous Productivity. *Annals of Economics and Finance*, 19(1), 103–135.
- Zavaleta, Josué y Vázquez, Juan Alberto (2021). Efecto de la inversión pública en la deuda pública de México, 1981-2019. *Panorama Económico*, 16(33), 9–30.



Año 15, Número 2
julio-diciembre 2023

Número de aniversario



LINEAMIENTOS GENERALES

- *Paradigma económico* es una revista de acceso abierto, no cobra cargos por procesamiento y publicación de artículos.
- El envío de un artículo deberá realizarse a través de la plataforma OJS (Open Journal System), en la liga de acceso siguiente: <https://hemeroteca.uaemex.mx/index.php/paradigmaeconomico>. Es necesario que el autor principal se registre previamente en la plataforma de la revista
- El envío de un artículo supone la obligación del autor de no someterlo simultáneamente a la consideración de otras publicaciones. Se deberá adjuntar una carta dirigida al director editorial de *Paradigma económico* en la que se proponga el artículo para su publicación y se declare que es inédito y que no se está presentado en otro medio.
- Los artículos presentados a *Paradigma económico* deberán tratar algún tema teórico o empírico relacionado con la economía regional y sectorial. La revista está abierta a diferentes enfoques y metodologías.
- Los artículos recibidos pasarán por un proceso editorial que se desarrollará en varias fases, de ahí lo importante de que se cumpla con los lineamientos.
- Todos los trabajos serán revisados mediante *Ithenticate* para verificar la originalidad del artículo. En caso de detectar un porcentaje elevado de similitud con otros trabajos, el artículo será rechazado y ya no podrá continuar con el proceso.
- Todo artículo postulado para su eventual publicación será objeto de una evaluación preliminar por el director editorial y el comité editorial, que determinarán si cumple con los requisitos temáticos y de contenido, además de los requisitos formales. Si cumple y se completa el proceso de postulación, se asignará un número de expediente y el artículo será turnado a un proceso de revisión por pares bajo la modalidad doble ciego.
- Los dictaminadores, posterior a su revisión, determinarán: a) publicar sin cambios, b) Publicar una vez que el autor cumpla con las correcciones menores indicadas, c) publicar una vez que el autor haya efectuado una revisión a fondo, o d) rechazar. En caso de discrepancia entre ambos dictámenes, será turnado a un tercer árbitro cuya decisión será decisiva en la publicación o rechazo. Los resultados del proceso de dictamen académico serán inapelables en todos los casos. Todos los artículos serán revisados por académicos externos a las instituciones de adscripción de los autores.
- Después del proceso de arbitraje, y una vez que el trabajo haya sido aceptado, se emitirá una carta de aceptación definitiva en la que se indique el volumen y número en el que se incluirá el artículo. Posteriormente, se procederá con los trabajos de corrección de estilo y formación.
- Para los trabajos aceptados para su publicación, el autor de correspondencia deberá firmar una "Carta de cesión de derechos patrimoniales", bajo el entendido de que ha obtenido el consentimiento de los demás autores, si los hubiere. La carta estipula que el (los) autor(es) concede(n) a *Paradigma económico* el permiso para que su artículo se difunda en la revista y medios magnéticos y fotográficos. Asimismo, el (los) autor(es) conserva(n) sus derechos morales conforme lo establece la ley. En este sentido, los autores podrán usar el material de su artículo en otros trabajos o libros publicados por ellos mismos, con la condición de citar a *Paradigma económico* como la fuente original de los textos. Es responsabilidad del autor obtener por escrito la autorización correspondiente para todo aquel material que forme parte de su artículo y que se encuentre protegido por la Ley del derecho de Autor. Si, por algún motivo, el (los) autor(es) no entrega debidamente firmada la carta de cesión de derechos mencionada, el artículo será considerado como dimitido.
- *Paradigma económico* se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales que considere convenientes.
- *Paradigma económico* se rige por las normas y códigos de ética internacionales establecidas por el Committee on Publication Ethics (Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors), que pueden consultarse en: <https://publicationethics.org/>
- Las colaboraciones deberán ajustarse a las siguientes normas. De no cumplirse con ellas, no se considerará para iniciar el proceso de dictamen.

FORMATO

- Extensión de 25 a 30 cuartillas, incluyendo cuadros, gráficas y otros apoyos.
- Presentarse en procesador de texto en letra Times New Roman, tamaño 12, interlineado de 1.5 líneas.
- Las notas a pie de página deberán utilizarse sólo si es absolutamente necesario y con interlineado sencillo, y en ese caso se insertarán al final de la página con tamaño de letra 10.
- Se admitirán trabajos en español o inglés.
- El número máximo de autores permitidos por artículo es de 3 personas.
- Nombre e institución a la que pertenece el autor/autores, incluyendo su número ORCID, con un breve currículum académico y profesional, correo electrónico u otros datos que permitan la comunicación con el autor.
- Título en español e inglés, de preferencia breve, sin sacrificio de la claridad.
- Un resumen de su contenido en español e inglés de 40 a 80 palabras o 10 líneas aproximadamente, no incluir referencias bibliográficas en el resumen. Clasificación JEL y de tres a cinco palabras clave.
- No se aceptan abreviaturas. Las siglas y acrónimos deberán ser claramente definidos en su primer uso en el texto.
- Las tablas, cuadros y gráficas se entregarán en su formato nativo (preferible Excel) y deben estar numeradas, con título en la parte superior, tamaño 12 y la fuente en la parte inferior con letra 10. En caso de incluir imágenes, deberán ser de buena resolución (archivos jpg con 300 dpi).

ESTRUCTURA DEL ARTÍCULO

- Además del resumen, los artículos deberán tener –al menos– la estructura siguiente:
 - *Introducción*, en la que se presente la motivación del trabajo o el planteamiento del problema, el objetivo, hipótesis y la estructura del artículo. No incluir cuadros, tablas o gráficas en este apartado.
 - *Aspectos teóricos*, relevantes para explicar el tema analizado
 - *Metodología empírica*, que explique la forma en que se realizó el estudio, la estructura de los datos y fuentes de información estadística, la descripción de las pruebas matemáticas, estadísticas, econométricas, empleadas para analizar los datos y especificar los programas estadísticos y las versiones empleadas.
 - *Resultados y discusión*, sección en la que se presente el hallazgo principal del estudio.
 - *Conclusiones*, que destaquen los resultados y aportes del artículo.
 - *Referencias*, en donde se incluya toda bibliografía a la que hizo referencia en el artículo. Las citas y referencias deben seguir el estilo propuesto en el manual *Normas APA 7ª edición* de la American Psychological Association (<https://normas-apa.org/wp-content/uploads/Guia-Normas-APA-7ma-edicion.pdf>).
- Las referencias bibliográficas se ordenarán alfabéticamente al final del texto. No debe extenderse innecesariamente. Los apellidos y nombres de los autores o autoras deben estar completos, es decir, no deben anotarse solo abreviaturas.
- Deberán hacerse siempre las referencias bibliográficas que correspondan al texto. De no ser así e incurrirse en plagio intelectual o de cualquier índole, *Paradigma económico* no asumirá ninguna responsabilidad y, por lo tanto, el autor(es) tendrá que hacer frente a las leyes correspondientes.
- Dentro del texto las citas bibliográficas deben presentarse de la forma siguiente:
 - Para citas textuales, apellido del autor y año de la publicación: número de página. Ejemplo: Ros (2015: 88). Krugman *et al.* (2012: 415).
 - Para una referencia, apellido del autor y año de la publicación. Ejemplo: Krugman y Taylor (1978). Si es más de un autor, escribir *et al.*, pero en la lista de referencias, deberá anotar el apellido de todos los autores.