

ESTUDIOS

SOBRE EL DESARROLLO ECONÓMICO EN MÉXICO, UN ENFOQUE MULTIFACTORIAL



Ramón Valencia Romero
Horacio Sánchez Bárcenas
Miguel Ángel Martínez García
(coordinadores)



Estudios sobre el desarrollo económico en México: un enfoque multifactorial



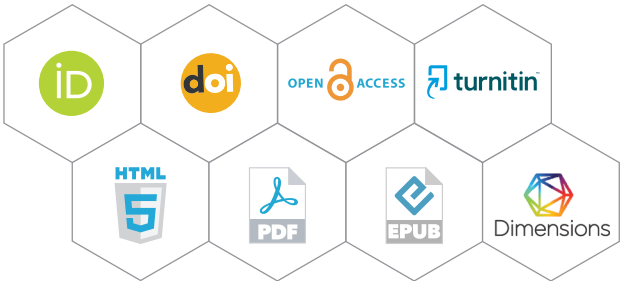
Ediciones Comunicación Científica se especializa en la publicación de conocimiento científico de calidad en español e inglés en soporte de libro impreso y digital en las áreas de humanidades, ciencias sociales y ciencias exactas. Guía su criterio de publicación cumpliendo con las prácticas internacionales: dictaminación de pares ciegos externos, autenticación antiplagio, comités y ética editorial, acceso abierto, métricas, campaña de promoción, distribución impresa y digital, transparencia editorial e indexación internacional.

Cada libro de la Colección Ciencia e Investigación es evaluado para su publicación mediante el sistema de dictaminación de pares externos y autenticación antiplagio. Invitamos a ver el proceso de dictaminación transparentado, así como la consulta del libro en Acceso Abierto.



www.comunicacion-cientifica.com

[DOI.ORG/ 10.52501/cc.089](https://doi.org/10.52501/cc.089)



Estudios sobre el desarrollo económico en México: un enfoque multifactorial

RAMÓN VALENCIA ROMERO
HORACIO SÁNCHEZ BÁRCENAS
MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ GARCÍA
(Coordinadores)



Estudios sobre el desarrollo económico en México: un enfoque multifactorial / Ramón Valencia Romero, Horacio Sánchez Bárcenas, Miguel Ángel Martínez García (coordinadores). — Ciudad de México : Comunicación Científica, 2022.

238 páginas : ilustraciones. — (Ciencia e Investigación).

ISBN 978-607-59425-6-8

DOI 10.52501/cc.089

1. Desarrollo económico — México. I. Valencia Romero, Ramón, coordinador. II. Sánchez Bárcena, Horacio, coordinador. III. Martínez García, Miguel Ángel, coordinador. IV. Serie.

LC: HD77.5.M6

Dewey: 338.972

D. R. Ramón Valencia Romero, Horacio Sánchez Bárcenas,
Miguel Ángel Martínez García (Coordinadores)

Ramón Valencia Romero, Horacio Sánchez Bárcenas, Miguel Ángel Martínez García.
Profesores de la Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional.

Primera edición en Ediciones Comunicación Científica, 2022

Diseño de portada: Francisco Zeledón • Interiores: Guillermo Huerta

Ediciones Comunicación Científica S.A. de C.V., 2022

Av. Insurgentes Sur 1602, piso 4, suite 400,

Crédito Constructor, Benito Juárez, 03940, Ciudad de México,

Tel. (52) 55 5696-6541 • móvil: (52) 55 4516 2170

info@comunicacion-cientifica.com • www.comunicacion-cientifica.com

 comunicacioncientificapublicaciones  @ComunidadCient2

ISBN 978-607-59425-6-8

DOI 10.52501/cc.089



Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos externos.
El proceso transparentado puede consultarse, así como el libro en acceso abierto,
en <https://doi.org/10.52501/cc.089>

Este es derivado de los siguientes proyectos de investigación:

SIP-IPN: 20220983, 20221075 y 20210495

Índice

Prólogo 11

Introducción 13

CRECIMIENTO ECONÓMICO

Capítulo 1. Equilibrio de mercado en la economía mexicana:
un enfoque de control óptimo
*Abraham Ramírez García, Ana Lorena Jiménez
y Agustín Ignacio Cabrera* 19

ENTORNO MACROECONÓMICO

Capítulo 2. Análisis económico de la corrupción
en México (1995-2019): una aplicación del modelo ARDL
Maricruz Georgina Negrete-Calzada y Ramón Valencia-Romero . . . 37

Capítulo 3. Inversión, pobreza y desigualdad en la región
norte de México
Eduardo Peñalosa Reyes y Juan Marroquín Arreola 63

| | |
|---|----|
| Capítulo 4. Panorama económico de las pymes en México: hacia un enfoque sistémico <i>María de Jesús Velázquez Vázquez, Martín Darío Castillo Sánchez y Gonzalo Peña López</i> | 89 |
|---|----|

MERCADO LABORAL

| | |
|--|-----|
| Capítulo 5. Asimetrías regionales del mercado laboral mexicano en el periodo 2000-2021 <i>Horacio Sánchez Bárcenas</i> | 105 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| Capítulo 6. Análisis de los rendimientos del ahorro para el retiro: comisiones e inflación. El caso de la Siefore básica inicial <i>Miguel Ángel Martínez García, Ingrid Estefanía Mitre Juárez y José Carlos Trejo García</i> | 129 |
|--|-----|

NORMATIVIDAD

| | |
|--|-----|
| Capítulo 7. La política científica, tecnológica y de innovación como instrumento de desarrollo en México <i>Katya Amparo Luna-López y Javier Jasso</i> | 143 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| Capítulo 8. Evolución de la regulación del endeudamiento público estatal en México: de la Ley de Coordinación Fiscal a la Ley de Disciplina Financiera <i>María Isabel García Morales</i> | 169 |
|--|-----|

COVID-19

- Capítulo 9. *Short Iron Condor* como una estrategia de volatilidad adecuada para la divisa dólar americano durante el primer trimestre del segundo año de la pandemia por Covid-19
Alfredo Flores de la Fuente, Héctor Alonso Olivares Aguayo y Godfrey Orozco Lira 191
- Capítulo 10. Análisis de nuevos contagios y decesos por Covid-19 en México mediante pronósticos Prophet
Ana Lorena Jiménez Preciado, José Carlos Trejo García y César Gurrola Ríos 219

Prólogo

El modelo de desarrollo económico que ha experimentado México en décadas recientes ha sido cuestionado en sus resultados, en primera instancia porque el crecimiento económico (una condición necesaria más no suficiente para alcanzar el desarrollo económico) dejó de ser una prioridad, lo que se refleja en un crecimiento del producto interno bruto (PIB) que no rebasa los dos puntos porcentuales en promedio en las últimas tres décadas. En segundo lugar, la escasa riqueza que se ha generado a partir del bajo crecimiento se ha distribuido de manera inequitativa, provocando desigualdad y pobreza en la mayoría de las regiones del país, principalmente en las entidades localizadas en el sur y el sureste.

Retomar los estudios sobre el desarrollo económico en estos momentos es de vital importancia para nuestro país, se tienen que poner sobre la mesa los problemas estructurales que por décadas han estado presentes en la sociedad mexicana, dentro de los cuales es prioritario atender los sistemas educativos y de salud. Nos encontramos en un punto de inflexión como resultado de los acelerados avances tecnológicos, la crisis económica mundial, conflictos geopolíticos y bélicos, deterioro ambiental debido al cambio climático y crisis sanitaria, entre otros.

Los documentos de investigación que se presentan en este libro tratan temas que los autores han estudiado a nivel teórico y real de la economía. Los tópicos que se abordan son muy diversos, tales como pobreza, desigualdad, endeudamiento público, precariedad de los mercados laborales, com-

portamiento de los sistemas de salud, tecnología y dinámica de los mercados financieros.

Sin duda el libro es un referente importante para los estudiantes de economía y áreas afines. Los temas son muy actuales, pueden servir de fuente para las distintas unidades de aprendizaje de los planes y programas de estudio de posgrado y licenciatura en economía.

Por otra parte, una virtud del libro es que conjunta esfuerzos de docentes e investigadores de distintas escuelas del Instituto Politécnico Nacional (ESE, CIECAS, ESIME y UPIICSA) y otras instituciones (UNAM, UAM y Universidad de Durango), lo que hace aún más rico su contenido y muestra una actitud colaborativa y loable por parte de los autores.

Es importante destacar que en la Escuela Superior de Economía seguiremos incentivando el debate de una manera democrática, abierta y plural sobre estos temas, con el propósito de superar los problemas económicos y sociales que más lastiman a los mexicanos y, de esa manera, alcanzar mayores niveles de bienestar.

M.A.E. Manuel Francisco Ortega Hernández
Director de la Escuela Superior de Economía
del Instituto Politécnico Nacional

Introducción

Recientemente, dos eventos exógenos han provocado desequilibrios económicos y sociales en la mayoría de los países, la crisis sanitaria del Covid-19 en 2020 y el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania en 2022, ambos han puesto en jaque a la economía mundial, afectando con mayor rudeza a los países en vías de desarrollo. La principal manifestación de los eventos antes mencionados ha sido a través de la inflación; el crecimiento constante en los precios en México en 2021 y 2022 no se observaba desde la década de los noventa. Esta situación provocará un endurecimiento de la política monetaria, lo que impactará negativamente en la demanda agregada y el crecimiento económico.

El contexto actual, si bien no ha sido sencillo, nos brinda áreas de oportunidad que tenemos que aprovechar. Como estudiosos de la economía es importante que hagamos planteamientos y propuestas que sean viables para resolver viejos y nuevos problemas. No basta solamente con alcanzar altas tasas de crecimiento económico, adicionalmente es necesario fortalecer nuestros sistemas educativos y de salud, así como distribuir de manera equitativa la riqueza generada, manteniendo un respeto por el medio ambiente.

En este sentido, la presente obra contiene un enfoque multifactorial. Es decir, se expone un trabajo con una visión plural, con el fin de enriquecer las aportaciones hacia un mismo objetivo, presentar los factores que inhiben o impulsan el desarrollo económico en México. Contiene

10 capítulos, los cuales han sido agrupados en cinco secciones, ello en función de la similitud de factores. De esta manera se tienen factores de crecimiento, entorno macroeconómico, mercado laboral, normatividad y Covid-19.

La primera sección la integra el capítulo 1, el cual aborda el crecimiento económico de México. El capítulo diseña y desarrolla un modelo de retroalimentación de estado, utilizando la interpretación de las curvas IS-LM de Hicks para la economía mexicana. Mediante regresiones LASSO se estiman las ecuaciones IS y LM. Posteriormente, se verifica la estabilidad de los parámetros mediante un controlador de retroalimentación de estado y se utilizan la tasa de interés y la del producto interno bruto como variables de estado. Los resultados revelan que se sostiene la hipótesis de la superneutralidad del dinero, así como la relevancia de incentivar la inversión productiva.

La segunda sección se integra por los capítulos 2, 3 y 4. Estos capítulos se enfocan en el entorno macroeconómico y sus efectos en áreas que limitan el desarrollo económico, tales como la corrupción, la pobreza y la escasa inversión en las pequeñas y medianas empresas (Pymes).

El capítulo 2 averigua si el entorno macroeconómico de México (1995-2019) influyó en el índice de percepción de la corrupción. Representando dicho entorno con el ingreso, el gasto público, la inversión extranjera directa, la inflación, así como la crisis financiera de 2008. A través de un Modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (ARDL), los autores encuentran que el entorno macroeconómico, descartando la crisis de 2008, influyó en la corrupción durante el periodo de estudio. Asimismo, se concluye que una política pública eficiente contra la corrupción no solo debe estar en función de la variable o instrumento empleado, también del tiempo en el que se efectúa.

El capítulo 3 analiza los efectos del entorno macroeconómico, a través de la inversión privada, el nivel educativo y las remesas, en la pobreza y desigualdad en las entidades federativas de la región norte de México. Para tal propósito, se realizó una revisión de literatura sobre la temática, así como un análisis descriptivo, y se elaboraron varios modelos de datos panel para analizar la interacción y relación entre las variables estudiadas. Los resultados señalan que la inversión privada genera un incremen-

to de la desigualdad, mientras que las remesas contribuyen a apaciguar la pobreza.

Por su parte, el capítulo 4 se enfoca en el entorno macroeconómico que han enfrentado las Pymes. Asimismo, se describe su desarrollo, particularmente en temas de producción, productividad y cadenas de suministros. Las Pymes, sin lugar a duda, cumplen un papel relevante ante el grave problema del desempleo, uno de los retos cruciales de la sociedad contemporánea. Ante este panorama, los autores señalan la necesidad de un proceso de transformación integral de mayor profundidad, de mayor calidad socioambiental, que trascienda los avances productivos y comerciales, que hasta el momento manejan un bajo nivel de conciencia. Se concluye que las empresas con mayor capacidad basan sus decisiones de inversión en la integración de alta tecnología y en generar procesos intensivos de generación de capital. Debido a ello, se tiene la capacidad de crecer, modernizarse y exportar, pero sin aumentar significativamente la fuerza laboral.

La tercera sección está compuesta por los capítulos 5 y 6, los cuales abordan temas laborales. El primero destacando la presencia de asimetrías regionales en el mercado laboral. El segundo, los rendimientos del ahorro para el retiro.

En el capítulo 5 el autor encuentra que en las últimas dos décadas el mercado laboral mexicano se ha debilitado, en cierta medida resultado de la incapacidad de la economía mexicana para generar las tasas de crecimiento económico que requiere el país. Esta situación ha provocado una caída en el nivel de ingresos de los trabajadores, incremento de la subocupación, aumento de la informalidad laboral, entre otras. Las manifestaciones se presentan con distinta magnitud en las diversas regiones del país, las cuales son más profundas en los estados del sur.

El capítulo 6 se enfoca en los rendimientos del ahorro para el retiro. Los autores encuentran que el cambio del modelo de beneficio definido por un modelo de contribución definida trajo consigo una implicación importante: ahora la pensión está determinada, en gran parte, por el mercado. En México, la aportación que se destina a la subcuenta del Retiro, Cesantía en Edad Avanzada y Vejez (RCV) es sumamente baja, pues representa solo 6.5% del salario base de cotización. Así, la rentabilidad alcanzada termina

inciendiando en el bienestar de los trabajadores, ya que de esto depende que se incremente el monto de la pensión. Los autores toman el caso particular de la Siefore Básica Inicial y analizan su desempeño mediante la estimación de los rendimientos reales, considerando los efectos de la inflación y de las comisiones.

La cuarta sección se integra con dos estudios que presentan factores normativos, los capítulos 7 y 8. La normatividad de la ciencia, tecnología, innovación, así como la regulación de la deuda, es tratada en esta sección.

El capítulo 7 analiza la situación que prevalece en México en materia de ciencia, tecnología e innovación al 2022, con el fin de perfilar los retos a los cuales se enfrenta el país en torno a la política pública en la materia. Los autores presentan información en torno a los esfuerzos que realiza el gobierno a través de los diversos instrumentos de política pública implementados en años recientes. Asimismo, resaltan la baja inversión del sector privado, así como las dificultades para vincular a los agentes del sistema de innovación.

En el capítulo 8 se muestra la evolución de la normatividad en materia de regulación de la deuda subnacional, cuya justificación gubernamental de las modificaciones ha sido resolver el problema del alto crecimiento de este tipo de deuda. Se brindan los antecedentes y contexto del surgimiento de la disciplina financiera. Se analizan los principales aspectos de la regulación, tanto de la Ley de Coordinación Fiscal como de la Ley de Disciplina Financiera. Se brindan datos de la estructura de ingresos de los estados y de los niveles de endeudamiento, centrándose en aquellos con los montos más altos. Finalmente, la autora concluye que los rangos de medición del Sistema de Alertas se basan en la dependencia financiera de los estados y no en su capacidad financiera propia.

La última sección se integra por un factor coyuntural pero de gran impacto en el desarrollo económico de nuestro país, es el caso del Covid-19. La sección se integra por los capítulos 9 y 10. El primero cuantifica la relación que ha tenido el Covid con aspectos financieros, el segundo con los niveles de contagio y decesos en México.

En el capítulo 9 se determina la mejor estrategia de volatilidad con opciones financieras europeas sobre la divisa dólar americano durante el primer trimestre del segundo año de la pandemia por Covid-19. Los resultados,

durante un periodo de contingencia sanitaria nacional, muestran pérdidas para todas las estrategias de volatilidad comunes o de fácil construcción analizadas (portafolio bivariado compuesto por dos opciones financieras), mientras que se hallan ganancias para todas las estrategias de volatilidad no comunes (diversos tipos de *Short Butterfly* y *Short Condor*). Por lo tanto, son recomendadas estrategias de volatilidad no comunes para los inversionistas. Se concluye que siempre se obtuvieron mayores ganancias en las estrategias del tipo *Short Condor* sobre las *Short Butterfly*. Los autores subrayan que la mejor estrategia de volatilidad fue el *Short Iron Condor*, pues representó la mayor ganancia con el subyacente dólar estadounidense durante el periodo de estudio.

El contenido del capítulo 10 presenta una propuesta de pronóstico para los casos de nuevos contagios y decesos en México, ocasionados por el virus SARS-CoV-2. Los autores emplean la metodología *Prophet*, basada en un modelo aditivo para series de tiempo, donde se ajustan tendencias no lineales. Los principales hallazgos muestran que los casos nuevos de contagios pueden ascender a los niveles registrados en julio de 2022 para el cierre de dicho año, mientras que, para los nuevos decesos, se observa un aumento para septiembre de 2022 pero en menor proporción a los picos previamente registrados.

De esta manera, la presente obra, además de contribuir al estudio del desarrollo económico de México, innova al dividir la exposición en secciones o factores que inhiben o impulsan el desarrollo. Así, el análisis requiere tener una visión plural, es decir, una visión que no solamente se encasille en crecimiento económico. Sin duda, el logro de un permanente desarrollo exige un enfoque multifactorial.

Finalmente, los editores y coordinadores, pertenecientes a la Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional (IPN), desearon que esta obra estuviera integrada con la participación de profesores de varias instituciones de educación superior del país, entre ellas: Facultad de Economía, Contaduría y Administración (Universidad Juárez del Estado de Durango), Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología (IPN), Facultad de Negocios (Universidad La Salle México), Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales (CIECAS) (IPN), Facultad de Contaduría y Administración (UNAM) y Escuela Superior de

Ingeniería Mecánica y Eléctrica (IPN). Solo nos resta agradecer a cada uno de ellos por sus contribuciones, mostrándonos así que el análisis del desarrollo económico no solo es multifactorial, también interdisciplinario.

*Los editores y coordinadores
Ciudad de México, 2022*

Capítulo 1. Equilibrio de mercado en la economía mexicana: un enfoque de control óptimo

ABRAHAM RAMÍREZ GARCÍA*

ANA LORENA JIMÉNEZ PRECIADO**

AGUSTÍN IGNACIO CABRERA LLANOS***

Resumen

El objetivo del presente trabajo es diseñar y desarrollar un modelo de retroalimentación de estado, utilizando la interpretación de las curvas IS-LM de Hicks (1937) para la economía mexicana. Las ecuaciones IS (inversión y ahorro) y LM (liquidez y dinero) se estiman mediante regresiones LASSO. Posteriormente, se verifica la estabilidad de los parámetros mediante un controlador de retroalimentación de estado y se utiliza la tasa de interés y el producto interno bruto (PIB) como variables de estado. Los resultados revelan que se sostiene la hipótesis de la superneutralidad del dinero, así como la relevancia de incentivar la inversión productiva.

Palabras clave: *equilibrio de mercado, modelo de retroalimentación de estado, modelo IS-LM*

El presente trabajo ha sido apoyado por el proyecto de investigación: "Ciencia de datos para el análisis económico", clave SIP 20220920, de la Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional.

* Maestro en Ciencias Económicas. Escuela Superior de Economía, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9657-7821>

** Doctora en Ciencias Económicas. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación-Escuela Superior de Economía, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9158-0685>

*** Doctor en Ciencias en la Especialidad de Control Automático. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3540-7313>

1. Introducción

Allá por 1923, cuando se estaba llevando a cabo el Tratado sobre Reforma Monetaria (Tract on Monetary Reform) en Gran Bretaña, la cita de John Maynard Keynes se hizo inmensamente popular y controvertida: “en el largo plazo, todos estaremos muertos”. Hay una vasta discusión en torno a este pasaje y el verdadero significado de lo que pronunció Keynes. Aun así, no fue hasta 1936, en su obra monumental: *Teoría general del empleo, el interés y el dinero*, que Keynes confirmó una postura en contra del equilibrio del mercado (principalmente en el mercado laboral) a largo plazo por las propias fuerzas del mercado o excluyendo la intervención del gobierno.

Adicionalmente, Keynes (1936) explica la relevancia de las fluctuaciones de la demanda agregada. Bajo esta premisa, en el presente análisis se asume que, en el largo plazo, los precios son flexibles y la oferta agregada (OA) determina el nivel del producto interno bruto (PIB), pero, en el corto plazo, la fluctuación de la demanda agregada (DA) impulsa el PIB. Asimismo, se utiliza el enfoque de Hicks (1937) respecto al modelo IS-LM (la interpretación más prevalente de la teoría de Keynes) para obtener las curvas OA y DA de la economía mexicana.

Se emite un modelo clásico para la edición *Tópicos de desarrollo económico en el México contemporáneo: una visión analítica*, con metodologías recientes para evaluar la interacción del equilibrio de mercado en la economía mexicana.

En la literatura se pueden encontrar diferentes formas de calcular ecuaciones IS-LM y métodos econométricos. Sin embargo, este trabajo se centra en el uso del control óptimo para encontrar un equilibrio de mercado con retroalimentación de estado y Regulador Cuadrático Lineal (LQR). Estas técnicas permiten sugerir ponderaciones óptimas para la oferta monetaria y el gasto público, dado el bajo y cada vez más inestable crecimiento en México y el daño que enfrenta la economía debido a los estragos de la pandemia de Covid-19, principalmente.

El documento está estructurado de la siguiente manera: la segunda sección presenta una breve revisión de la literatura sobre la evolución del modelo IS-LM. Posteriormente, se describen los aspectos metodológicos,

donde se estiman los parámetros óptimos de cada mercado utilizando regresiones LASSO (*Least Absolute Shrinkage and Selection Operator*). Posteriormente, se presentan los resultados del modelo, mismos que fueron validados de forma cruzada para obtener los coeficientes del controlador. Finalmente, se verifica la estabilidad de los parámetros mediante un controlador de retroalimentación, alimentado con la tasa de interés y el PIB como variables de estado. Los principales hallazgos sugieren el cumplimiento de la hipótesis de la superneutralidad del dinero para el caso mexicano, utilizando el enfoque de control óptimo.

2. Breve revisión de literatura

El control óptimo ha sido ampliamente utilizado en economía, en especial en los campos monetario y financiero. Desde la implementación de las ecuaciones en diferencias (Phillips, 1958) para la tasa de desempleo y las tasas de salarios nominales, las relaciones empíricas, hasta las aplicaciones del cálculo de variaciones, esta técnica potenciada con la incorporación del marco de expectativas racionales (Muth, 1961) y sus posteriores aportes (Phelps, 1968; Lucas, 1972; Sargent y Wallace, 1975) comenzaron también a incorporar problemas de estabilización.

Más tarde, los modelos neokeynesianos incluyeron políticas de reglas monetarias (Taylor, 1993) y varias aplicaciones que se encuentran en los trabajos del profesor Olivier Blanchard (incluida su versión dinámica extendida del modelo IS-LM con expectativas endógenas). Sin embargo, las aplicaciones para IS-LM por la literatura de vista de control óptimo se reducen.

La mayor parte de las aplicaciones del control óptimo para la dinámica económica se centró en los precios sombra y la función de valor (Benveniste y Scheinkman, 1979); modelos macroeconómicos de volatilidad; tasa de inflación y bienestar (Polito y Spencer, 2016); pruebas fiscales y monetarias (no necesariamente bajo el marco IS-LM) con control de seguimiento lineal-cuadrático estocástico óptimo; descomposición cíclica del PIB incorporando metodologías de tipo *wavelet* (Crowley y Hudgins, 2015) o bien, simulación de estrategias fiscales y monetarias basadas en modelos

de seguimiento lineal-cuadrático de espacio de estado (Crowley y Hudgins, 2017), por nombrar algunos.

A diferencia de otros sistemas propuestos en la literatura para probar y sugerir políticas fiscales y monetarias para salarios óptimos, se enfatiza que el método presentado en este documento tiene un fundamento teórico fusionado con el Regulador Cuadrático Lineal (LQR) para el sistema óptimo. Los parámetros IS-LM se estiman mediante regresión LASSO; esto se explica en la siguiente sección.

3. Metodología

3.1. Mercado de bienes: la curva IS

La curva IS presenta diferentes combinaciones entre ingreso y tasa de interés, las cuales mantienen un equilibrio en el mercado de bienes, es decir, la curva IS exhibe la interacción entre la tasa de interés y el nivel de producción tal que el gasto planificado es igual al ingreso. Esta característica ayuda a explicar el nivel de producción de los hogares, las empresas y los gastos del gobierno. Se parte del gasto agregado del aspa keynesiana, que muestra la relación entre la producción (PIB) y el gasto planificado.

$$Y = C + I + G \quad (1)$$

La producción, producto o PIB (Y) está determinada por la suma del consumo (C), la inversión (I) y el gasto público (G). Asimismo, el consumo depende de la renta disponible y la tasa de interés (R); la inversión es una función de producción y tasa de interés, mientras que el gasto público (T) se considera una variable exógena. Las ecuaciones se describen de la siguiente manera:

$$C = \alpha_0 + \alpha_1(Y - T) - \alpha_2R \quad (2)$$

$$I = \beta_0 + \beta_1Y - \beta_2R \quad (3)$$

$$T = \gamma_0 + \gamma_1Y \quad (4)$$

Posteriormente, las ecuaciones se sustituyen en (1) para obtener la curva IS:

$$\begin{aligned}
 Y &= [\alpha_0 + \alpha_1(Y - T) - \alpha_2R] + [\beta_0 + \beta_1Y - \beta_2R] + G \\
 Y &= [\alpha_0 + \alpha_1Y - \alpha_1[\gamma_0 + \gamma_1Y] - \alpha_2R] + [\beta_0 + \beta_1Y - \beta_2R] + G \\
 Y &= [\alpha_0 + \alpha_1\gamma_0 + \beta_0] + [\alpha_1 - \alpha_1\gamma_1 + \beta_1]Y - [\alpha_2 + \beta_2]R + G \\
 Y - [\alpha_1 - \alpha_1\gamma_1 + \beta_1]Y &= [\alpha_0 + \alpha_1\gamma_0 + \beta_0] - [\alpha_2 + \beta_2]R + G \\
 Y &= \left[\frac{1}{1 - \alpha_1 + \alpha_1\gamma_1 - \beta_1} \right] [(\alpha_0 - \alpha_1\gamma_0 + \beta_0) - (\alpha_2 + \beta_2)R + G] \quad (5)
 \end{aligned}$$

Donde $-(\alpha_2 + \beta_2)$ es la sensibilidad en el gasto de inversión, $\alpha_0 - \alpha_1\gamma_0 + \beta_0$ refiere al consumo autónomo y $\frac{1}{1 - \alpha_1 + \alpha_1\gamma_1 - \beta_1}$ es el multiplicador fiscal. Existe una relación inversa entre la tasa de interés y el PIB; entre mayor es la tasa, menor es el producto. La inclinación de la pendiente depende del gasto de inversión, la tasa de interés y el multiplicador fiscal (gasto público).

3.2. Mercado de dinero: la curva LM

La curva LM muestra el vínculo entre la tasa de interés y el nivel del PIB para el equilibrio del mercado monetario; es decir, las combinaciones de preferencias de liquidez son iguales a la oferta monetaria. Keynes (1936) argumenta que las preferencias de liquidez están determinadas por la tasa de interés, lo que permite un equilibrio a corto plazo entre la demanda y la oferta de dinero (el activo más líquido). Esta identidad se expresa en la siguiente ecuación:

$$\frac{M^S}{P} = \frac{M^D}{P} \quad (6)$$

La oferta monetaria $\frac{M^S}{P}$ es una variable exógena fijada por el Banco Central, mientras que los salarios reales (demanda de dinero) dependen del nivel del PIB y la tasa de interés:

$$\frac{M^D}{P} = \delta_0 + \delta_1Y - \delta_2R \quad (7)$$

La demanda de dinero $\frac{M^D}{P}$ depende proporcionalmente del PIB, ya que se asume que, a mayor ingreso, mayor gasto; asimismo, entre más alta es la

tasa de interés, mayor es la preferencia por ahorrar el dinero. Uniendo estos elementos, se obtiene la curva LM:

$$\begin{aligned} \left(\frac{M^S}{P}\right) &= \delta_0 + \delta_1 Y - \delta_2 R \\ \delta_2 R &= \delta_0 + \delta_1 Y - \frac{M^S}{P} \\ R &= \frac{1}{\delta_2} \left[\delta_0 + \delta_1 Y - \left(\frac{M^S}{P}\right) \right] \end{aligned} \quad (8)$$

Donde $\frac{\delta_1}{\delta_2}$ es la sensibilidad del PIB y $\frac{1}{\delta_2}$ es la sensibilidad de la oferta monetaria, respectivamente. Este modelo asume una relación positiva entre el PIB y la tasa de interés: entre mayor es el PIB, mayor es la tasa. Asimismo, si la sensibilidad de la demanda de dinero respecto al PIB es mayor o menor que la tasa de interés, la pendiente de la curva LM será más pronunciada.

3.3. Interacción del mercado

Una vez determinadas las ecuaciones asociadas a las curvas IS-LM, se implementan en un solo modelo para capturar la interacción entre el mercado de bienes y el mercado de dinero, como se ve en la ecuación (9).

$$\begin{aligned} Y &= \frac{\alpha_0 - \alpha_1 \gamma_0 + \beta_0}{1 - \alpha_1 + \alpha_1 \gamma_1 - \beta_1} - \frac{\alpha_2 + \beta_2}{1 - \alpha_1 + \alpha_1 \gamma_1 - \beta_1} R + \frac{1}{1 - \alpha_1 + \alpha_1 \gamma_1 - \beta_1} G \\ R &= \frac{\delta_0}{\delta_2} + \frac{\delta_1}{\delta_2} Y - \frac{1}{\delta_2} \left(\frac{M^S}{P}\right) \end{aligned} \quad (9)$$

La ecuación (9) asume el gasto del gobierno (G) y la oferta monetaria $\frac{M^S}{P}$ como variables exógenas. El equilibrio se alcanza cuando ambas curvas se cruzan (Y, R). En este punto, es posible conocer la tasa de interés y el nivel de PIB que equilibra el mercado de bienes y el mercado de dinero (Dornbusch *et al.*, 2011).

3.4. Estimación de parámetros: PIB y tasa de interés

Las series de tiempo consideradas para el modelo IS-LM fueron las tasas de rendimiento de los Certificados de la Tesorería de la Federación a 91 días (Cetes), y el agregado monetario M2 (para México se considera depósitos a la vista más las cuentas corrientes y de ahorro a corto plazo). Los datos fueron extraídos del Sistema de Información Económica (SIE) del Banco de México (SIE). Los datos referentes al PIB se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Para la estimación de la ecuación (9) se aplica el Operador de Selección y Contracción Mínima Absoluta (LASSO, por sus siglas en inglés); todos los cálculos se realizaron en Python¹ versión 3.9. Las regresiones LASSO permiten evitar el sobreajuste y tratar con variables predictivas correlacionadas. Asimismo, el rendimiento de LASSO mejora la precisión y la interpretación de los parámetros.

$$\hat{\beta} = \arg \arg \min_{\beta} \sum_{i=1}^n \left(y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ij} \right)^2 + \lambda \sum_{j=1}^p |\beta_j| \quad (10)$$

La regresión LASSO permite la creación de un modelo lineal penalizado por el parámetro lambda (λ). Tiende a cero cuando las características o variables no proporcionan información relevante para la estimación; en ese sentido se reduce el ruido. Para seleccionar el λ óptimo, se utiliza una validación cruzada. Esta técnica divide aleatoriamente muestras de datos en k-grupos de aproximadamente el mismo tamaño (10 para este documento), mientras k-1 grupos entrenan el modelo, y uno se mantiene fuera de la muestra. El proceso se repite k veces usando diferentes grupos en cada iteración y genera el Error Cuadrático Medio (MSE) para el mejor modelo de selección.

Partiendo de una de las premisas centrales de la teoría de los ciclos económicos, donde se supone que las fluctuaciones económicas son desviaciones en torno a las tendencias de crecimiento a largo plazo, los modelos

¹ Disponible en: <https://www.python.org/downloads/>

keynesianos consideran el crecimiento a largo plazo en función de las fluctuaciones de la DA. La gráfica 1.1 muestra el crecimiento anual del PIB de México, en donde destacan las caídas centrales en la crisis hipotecaria *sub-prime* de 2009 y Covid-19 de 2020.

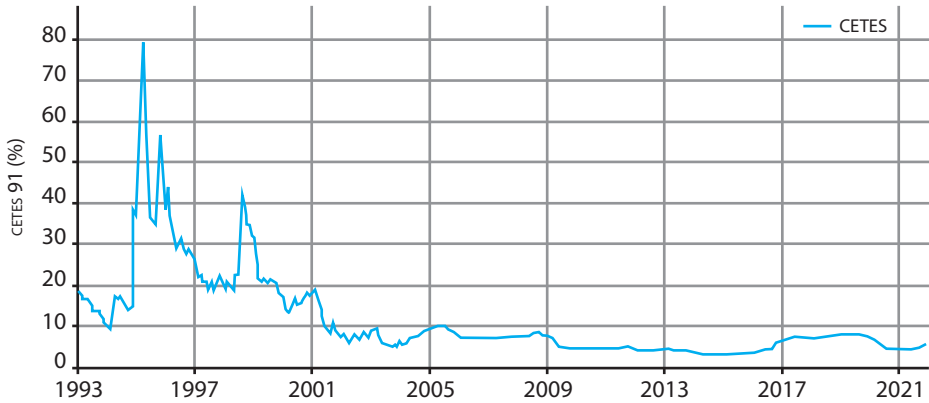
Gráfica 1.1 Crecimiento anual del PIB para la economía mexicana (%) de 2003 a 2021



Fuente: Elaboración de los autores con información del INEGI.

De acuerdo con la gráfica 1.1, desde 2003 el crecimiento de México fue de $\pm 2\%$ en promedio, excepto por la caída cercana al 10% durante la crisis hipotecaria y la caída más dramática observada en la crisis del brote de enfermedades derivada del coronavirus.

Considerando los Cetes como la tasa de interés de referencia para México, hay dos etapas para esta variable; la primera se llevó a cabo en 1994-1995 (la crisis del Tequila), cuando el peso mexicano se devaluó fuertemente, debilitando la balanza de pagos y aumentando el endeudamiento del gobierno (Mishkin, 1999). En ese entonces, el rendimiento de Cetes alcanza el 80% para compensar el riesgo de los inversionistas y detener la fuga de capitales, profundizando aún más el endeudamiento (Llamas y Cruz, 2016). Posteriormente, en la década de 2000, con la llegada del régimen de objetivos de inflación en México y el abandono del tipo de cambio como ancla nominal de la economía, la tasa de Cetes se estabilizó por debajo del 10% en los años siguientes, como se muestra en la gráfica 1.2.

Gráfica 1.2. Tasa de interés de los Cetes de 1993 a 2021^{aa/} Curva en el último cuarto (%)

Fuente: Elaboración de los autores con datos del *SE*.

En 2021 las tasas de interés no presentaron cambios significativos a pesar de los problemas inflacionarios causados principalmente por problemas en las cadenas de suministro globales, provocando lo que Esquivel *et al.* (2021) denominan un cuello de botella. Las tasas de interés no se elevaron durante 2020 y 2021 debido a la inyección de liquidez por parte de los bancos centrales para estimular la demanda de bienes y servicios ante los estragos causados por el Covid-19.

Por otro lado, los datos sugieren una relación inversa entre el nivel del PIB y la tasa de interés, como lo muestra el modelo IS-LM. Los coeficientes y MSE asociados con las regresiones LASSO para la curva IS se presentan en el cuadro 1.1.

Cuadro 1.1. Estimación de la curva IS con regresiones LASSO

| Parámetro | Coficiente | R2 | MSE |
|------------|------------|--------|--------|
| α_0 | 0.001438 | | |
| α_1 | 0.858238 | 0.7176 | 0.0001 |
| α_2 | -0.007428 | | |
| β_0 | -0.013356 | | |
| β_1 | 2.964411 | 0.7219 | 0.0006 |
| β_2 | -0.066655 | | |
| γ_0 | 0.000336 | 0.3934 | 0.0001 |
| γ_1 | 1.191316 | | |

Fuente: Elaboración de los autores con salida de Python.

Sustituyendo en la identidad:

$$\begin{aligned}
 Y &= C + I + G \\
 C &= 0.0014 + 0.8552(Y - T) - 0.0666 \\
 I &= -0.0133 + 2.9644Y - 0.0666 \\
 T &= 0.0003 + 1.1913Y
 \end{aligned}$$

Subsecuentemente, la curva IS para la economía mexicana se expresa en la ecuación 11.

$$Y = -0.0411523R - 0.555489G - 0.00805776 \quad (11)$$

Con la meta de gasto público, la pendiente IS es positiva respecto a la tasa de interés, y la curva podría desplazarse por cambios en el gasto. La teoría indica que la curva LM muestra una relación inversa entre la demanda de dinero y la tasa de interés y un parámetro positivo para el PIB. No obstante, se destaca el bajo coeficiente de determinación, a pesar de ser un coeficiente estadísticamente significativo. El cuadro 1.2 presenta los resultados de las regresiones LASSO:

Cuadro 1.2. *Estimación de la curva LM con regresiones LASSO*

| Parámetro | Coefficiente | R2 | MSE |
|------------|--------------|--------|--------|
| δ_0 | 0.006519 | | |
| δ_1 | 0.873500 | 0.1311 | 0.0009 |
| δ_2 | 0.001517 | | |

Fuente: Elaboración de los autores con salida de Python.

Sustituyendo en la identidad de la curva LM:

$$\begin{aligned}
 \left(\frac{M^S}{P}\right) &= \left(\frac{M^D}{P}\right) \\
 \left(\frac{M^S}{P}\right) &= 0.0065 + 0.8735Y - 0.0015R
 \end{aligned}$$

$$0.0015R = -0.0065 - 0.8735Y \left(\frac{M^S}{P} \right)$$

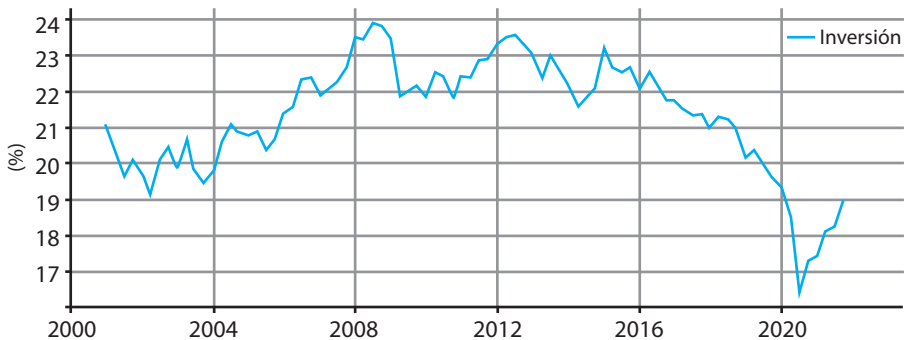
$$R = \frac{1}{0.0015} \left[-0.0065 - 0.8735Y \left(\frac{M^S}{P} \right) \right]$$

La curva LM para México se expresa en la ecuación (12).

$$R = -575.64Y + 659.005 \left(\frac{M^S}{P} \right) - 4.29625 \quad (12)$$

Los resultados del cuadro 1.2 apoyan la hipótesis de la superneutralidad del dinero (las variables reales no se ven afectadas por cambios en la oferta monetaria). Esto podría explicarse porque los mecanismos de transmisión de la política monetaria del canal crediticio siguen siendo relativamente débiles. La penetración de los bancos comerciales en los préstamos a los agentes económicos es de poco más de 30%, mientras que la tasa de inversión de México como porcentaje del PIB ha estado cayendo constantemente. La gráfica 1.3 confirma este argumento.

Gráfica 1.3. Tasa de inversión ^{a/} en México como porcentaje del PIB del 2000 al 2021
^{a/}Coficiente de inversión



Fuente: Elaboración de los autores con información del INEGI.

La gráfica 1.3 muestra la forma en que la tasa de inversión de México como porcentaje del PIB ha disminuido significativamente desde 2016, pasando de 23 a 16% durante el periodo más crítico de la pandemia. Para 2021 los niveles de recuperación no han alcanzado el porcentaje de pandemia anterior ni su promedio de 21 por ciento.

Una vez estimadas las curvas IS-LM, se procede a implementar el control óptimo.

3.5 Control óptimo

El control óptimo se ha convertido en una poderosa herramienta para el diseño de la política fiscal y monetaria. La metodología presentada en este documento es similar al artículo de Crowley y Hudgins (2017), que se centra en el modelo de descomposición *wavelet* de seguimiento LQ para dichas políticas. Los autores obtienen la tasa de interés de mercado a corto plazo y los niveles óptimos para los ajustes de tasas de interés agregados en la zona del euro. Posteriormente, estos mismos autores replican la estrategia de política macroeconómica estadounidense centrada en los ciclos de consumo e inversión (Hudgins y Crowley, 2019).

Ahora, bajo el marco IS-LM, se retoma el objetivo inicial, que se basa en estabilizar la tasa de interés y el PIB a través de la política fiscal y monetaria. Se utilizan los parámetros IS-LM obtenidos por las regresiones LASSO. Se considera un sistema de control de la forma:

$$\begin{aligned} \dot{X} = & [0 - 0.41152 - 575.640][Y(t)R(y)] \\ & + [0 - 0.555400659.005] \left[G(t) \left(\frac{M}{P} \right)^2 \right] \\ & + [-0.008058 - 4.29625] \end{aligned} \quad (13)$$

El problema de seguimiento está sujeto a un índice de rendimiento:

$$J = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} (x_1^2 + u^2) dt \quad (14)$$

El índice de desempeño J depende de la matriz Q , que a su vez penaliza el “mal comportamiento” de las variables; es decir, si las variables de estado (PIB y tasa de interés) presentan una dispersión o volatilidad significativa, la matriz Q funciona como suavizante para la estabilización del sistema y la convergencia de variables. En cambio, la matriz R penaliza el esfuerzo (control). Por ejemplo, si suben los valores de control (aumentando el gasto público), esta matriz lo penaliza. Ambas matrices de penalización Q (estado) y R (control) deben ser semidefinidas positivas para encontrar una trayectoria estable. Bajo esta inferencia, se suma la ecuación algebraica de Riccati dada Q, R : simétrica; se busca encontrar la matriz P tal que:

$$PA + A^T P - P Q P + R = 0 \quad (15)$$

La ecuación de Riccati muestra el siguiente resultado:

$$p_c = [1.57309 - 0.00030 - 0.00030 \ 0.00067] \quad (16)$$

Aquí, el control óptimo es:

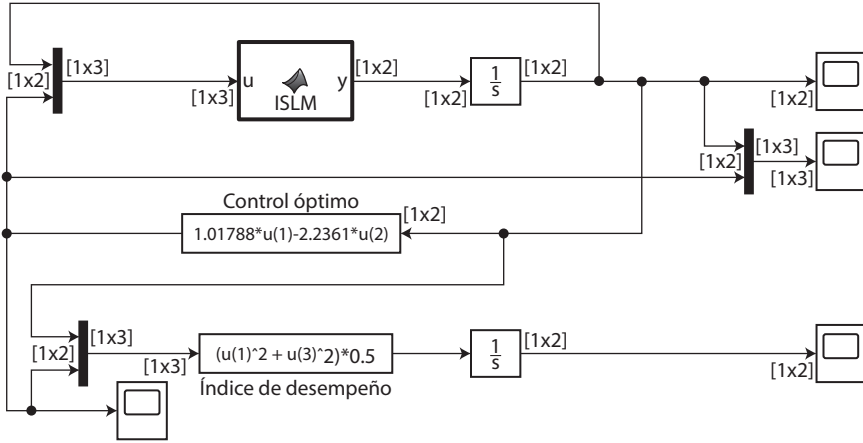
$$\begin{aligned} u &= -R^{-1} B^T P_c x \\ u &= 0.1788Y - 2.2361R \end{aligned} \quad (17)$$

La interpretación de los resultados se presenta en la siguiente sección.

4. Resultados

En este apartado se diseña un modelo de control óptimo de retroalimentación de estado para simular la tasa de interés y el PIB; estas variables pueden controlarse mediante el gasto público y la oferta monetaria. La simulación se realizó en Matlab con salidas LASSO y resultados de control óptimos. La gráfica 1.4 presenta el diseño del controlador.

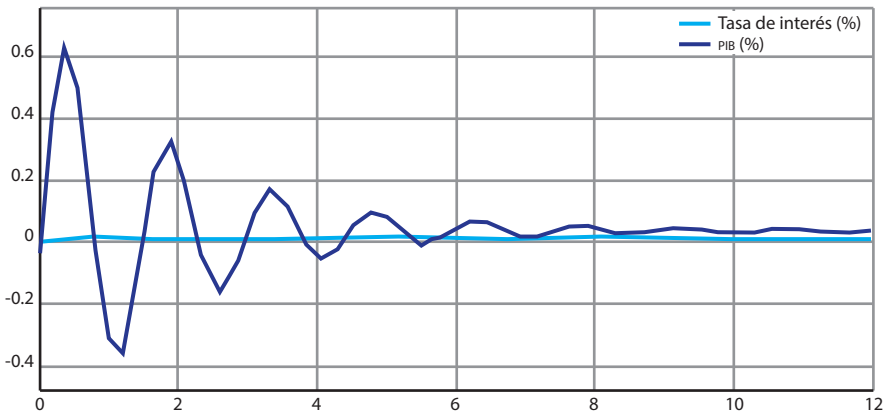
Gráfica 1.4. Controlador de retroalimentación de estado para la tasa de interés y el PIB



Fuente: Elaboración de los autores con salida de Simulink, Matlab.

Posteriormente, calibrando las matrices Q y R con diferentes penalizaciones, el PIB y las tasas de interés se estabilizan, como se puede ver en la gráfica 1.5. Dicha gráfica refiere a la convergencia y estabilización de la tasa de interés (línea más plana) y el PIB (línea con mayor dispersión).

Gráfica 1.5. Convergencia de la tasa de interés y el PIB

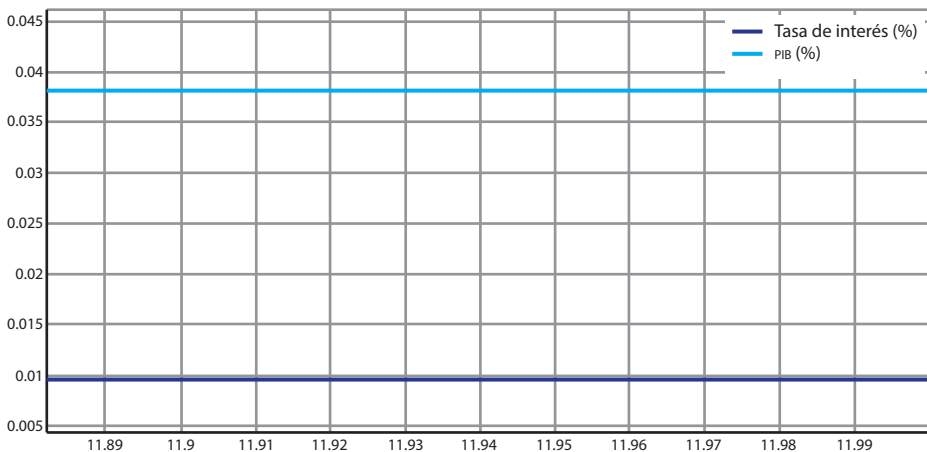


Fuente: Elaboración de los autores con salida de Matlab.

La gráfica 1.5 muestra la estabilidad del sistema en el tiempo (trimestral). Las trayectorias de las variables de estado convergen a un estado estaciona-

rio o de equilibrio y se desvanecen suavemente debido al control óptimo. De acuerdo con los resultados del control óptimo, la trayectoria óptima es que la economía mexicana pueda lograr un crecimiento en su producto de 3.8% de manera estable y con las variables controladas. La gráfica 1.6 especifica este resultado:

Gráfica 1.6. Trayectoria óptima para la economía mexicana



Fuente: Elaboración de los autores con salida de Matlab.

Aunque la economía mexicana puede presentar crecimiento a diferentes ritmos, crecer al 3.8% (primera línea de arriba hacia abajo) representa el camino más estable y alcanzable del país. Esto implica que cada trimestre la tasa de interés debería estar creciendo 0.1% (línea de abajo hacia arriba) para que el PIB converja a 3.8%, al menos, bajo el alcance de control óptimo y el modelo IS-LM, por lo que los resultados son consistentes con el marco teórico propuesto.

5. Conclusiones

En este trabajo se replicó el modelo IS-LM para la economía mexicana; específicamente, se diseñó un modelo control óptimo de retroalimentación de estado para simular la tasa de interés y el PIB; ambas variables convergen

a un estado estacionario o de equilibrio mediante la política fiscal y monetaria. México podría expandirse a una tasa de 3.8% del PIB bajo los parámetros y supuestos establecidos en nuestra propuesta, aunque otros gastos del gobierno y la oferta monetaria podrían conducir a diferentes escenarios. La política fiscal muestra una influencia más significativa en la estabilización de los choques de política monetaria; esto se valida con la matriz Q , que tiene mayor peso para la retroalimentación de estado.

Asimismo, los resultados de la regresión LASSO demostraron una bondad de ajuste robusta para la curva IS, pero no para la curva LM; sin embargo, estos hallazgos apoyan la hipótesis de la superneutralidad del dinero para el caso mexicano desde la perspectiva del control óptimo.

Consideramos especial atención a la inversión productiva como una de las variables críticas para incrementar el crecimiento de México debido a su estancamiento en los últimos años. La inversión productiva combinada con un gasto público y una oferta monetaria óptima podría generar cambios en la curva IS-LM para México, lo que tendría un impacto positivo en el empleo, la productividad y la competencia.

Este estudio abre posibilidades de soluciones basadas en variables de política monetaria y fiscal utilizando control óptimo. Estamos seguros de que hay más elementos que pueden impulsar el crecimiento económico de México. Sin embargo, se pueden hacer propuestas para los formuladores de políticas utilizando el modelo IS-LM como marco de referencia.

Bibliografía

- Benveniste, L., y Scheinkman, J. (1979). On the Differentiability of the Value Function in Dynamic Models of Economics. *Econometrica*, 47(3), 727-732.
- Blanchard, O. (2009). The state of macro. *Annual Review of Economics*, 1, 209-228.
- Chen, P., y Islam, S. (2005). *Optimal Control Models in Finance*. Boston: Springer.
- Crowley, P., y Hudgins, D. (2015). Fiscal policy tracking design in the time-frequency domain using wavelet analysis. *Economic Modelling*, 51, 501-514. doi:10.1016/j.econmod.2015.09.001.
- Crowley, P., y Hudgins, D. (2017). What is the right balance between US monetary and fiscal policy? Explorations using simulated wavelet-based optimal tracking control. *Empirical Economic*, 55, 1537-1568. doi:10.1007/s00181-017-1326-2.

- Dornbusch, R., Fischer, S., y Startz, R. (2011). *Macroeconomics* (11a. ed.). McGraw-Hill Higher Education.
- Esquivel, G., Leal, J., y Badillo, R. (2021). *La dinámica inflacionaria en México en un contexto de recuperación y pandemia*. Banco de México. Consultado en <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/articulos-y-otras-publicaciones/%7B582287CA-9DF6-1E49-325D-46D5FD22F588%7D.pdf>.
- Hicks, J. (1937). Mr. Keynes and the "Classics"; A Suggested Interpretation. *Econometrica*, 5(2), 147-159.
- Hudgins, D., y Crowley, P. (2019). Stress-Testing U.S. Macroeconomic Policy: A Computational Approach Using Stochastic and Robust Designs in a Wavelet-Based Optimal Control Framework. *Computational Economics*, 53(4), 1509-1546. doi:10.1007/s10614-018-9820-y.
- Keynes, J. M. (1936). *The General Theory of Employment Interest and Money* (1a. ed.). Londres: Macmillan and Co., Limited.
- Llamas, R., y Cruz, L. (2016). Direct foreign investment and interest rate in Mexico: a dynamic analysis. *Nóesis*, 25(50), 128-149. doi:10.20983/noesis.2016.2.5.
- Lucas, R. (1972). Expectations and the Neutrality of Money. *Journal of Economic Theory*, 4(2), 103-124.
- Mishkin, F. (1999). Lessons from the Tequila Crisis. *Journal of Banking & Finance*, 23(10), 1521-1533. doi:10.1016/S0378-4266(99)00029-1.
- Muth, R. (1961). Rational Expectations and the Theory of the Price Movements. *Econometrica*, 29(3), 315-335.
- Phelps, E. (1968). Money-wage dynamics and labour market equilibrium. *Journal of Political Economy*, 76, 678-711.
- Phillips, A. (1958). The Relation between Unemployment and the Rate of Change of Money Wage Rates in the United Kingdom, 1861-1957. *Economica*, 25(100), 283-299.
- Polito, V., y Spencer, P. (2016). Optimal control of heteroscedastic macroeconomics model. *Journal of Applied Econometrics*, 31, 1430-1444. doi:10.1002/jae.2488.
- Sargent, T., y Wallace, N. (1975). Rational expectations, the optimal monetary instrument, and the optimal money supply rule. *Journal of Political Economy*, 83(2), 241-254.
- Taylor, J. B. (1993). Discretion versus policy rules in practice. *Carnegie Rochester Conference Series on Public Policy*, 39, 195-214.

Capítulo 2. Análisis económico de la corrupción en México (1995-2019): una aplicación del modelo ARDL

MARICRUZ GEORGINA NEGRETE-CALZADA*

RAMÓN VALENCIA-ROMERO**

Resumen

El presente capítulo se realizó con el propósito de averiguar si el entorno macroeconómico de México (1995-2019) influyó en el índice de percepción de la Corrupción. Representando dicho entorno con el ingreso, el gasto público, la inversión extranjera directa, la inflación, así como la crisis financiera de 2008. Metodológicamente, el punto de partida fue el uso de un Modelo de Regresión Lineal, obteniendo una mínima bondad de ajuste, así como ausencia de normalidad en los residuos. Finalmente es a través de un Modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (ARDL) que se encuentra que el entorno macroeconómico, descartando la crisis de 2008, sí influyó en la corrupción durante el periodo de estudio. Asimismo, los resultados muestran que, con excepción de la inflación, las variables de estudio influyeron en la corrupción de manera diferente entre el corto y el largo plazo. Con estos resultados se concluye que una política pública eficiente contra la corrupción no solo debe estar en función de la variable o instrumento empleado, también del tiempo en el que se efectúa.

Palabras clave: *ARDL, corrupción, cointegración, observaciones atípicas*

Agradecimiento: Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional el apoyo brindado a través del proyecto de investigación SIP-IPN 20220983.

* Licenciada en Economía. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1604-0782>

** Doctor en Ciencias Económicas. Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1412-0815>

1. Introducción

Hoy en día se sabe que la corrupción es uno de los problemas más serios que enfrenta el país. Tras la edición 2020 del índice de percepción de la corrupción (IPC) para 180 países que presenta Transparencia Internacional, se encontró que México es considerado como la nación más corrupta dentro de los integrantes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (Transparencia Mexicana, 2021). Y, aunque la sociedad relacione el tema exclusivamente al ámbito político, es necesario entender que el acto de cometer actividades corruptas también impacta a la economía, tal como lo manifiesta Olken (2007), la corrupción puede llegar a generar ineficiencias en el crecimiento económico de un país.

A partir de esta problemática, el presente trabajo tiene como objeto de estudio el Índice de Percepción de la Corrupción para México —elaborado por Transparencia Internacional (2020)— y su relación con diversas variables macroeconómicas (ingreso, gasto público, inversión extranjera directa e inflación) para el periodo 1995-2019.

Los motivos para investigar cómo estas variables influyen en la corrupción en México se centran en que es necesario difundir los puntos clave que se podrían ir corrigiendo con el paso del tiempo, y así disminuir la problemática que tanto ha impactado en el país. Es de saber que a consecuencia de la corrupción ha habido obstáculos para el crecimiento económico, en este sentido se pretende informar cómo se podría resolver esta situación debido a los grandes beneficios que puede llegar a tener un país con bajas actividades corruptas.

Se considera fundamental el estudio de las variables descritas anteriormente debido a que Becker (1968) argumenta, a través de su teoría económica del comportamiento criminal, que las personas llegan a cometer actos deshonestos basados en el análisis racional de cada situación. Estos actos pueden llegar a tener implicaciones en el crecimiento económico del país. Por lo que, según Keynes (2003) y Barro (1990), el ingreso y el gasto público son pautas fundamentales que cada nación debe administrar de manera eficiente para llevar a cabo tal crecimiento económico. Esto sin

olvidar el papel importante que toman la inflación y la inversión extranjera directa en dicho crecimiento.

De esta manera el objetivo de esta investigación es saber si el entorno macroeconómico de México influyó en la corrupción para el periodo 1995-2019. Representando dicho entorno por los niveles de ingreso, gasto público, inversión extranjera directa, inflación y la crisis financiera de 2008. En este sentido, se plantea como hipótesis que el efecto de estas variables en la corrupción no fue el mismo a corto que a largo plazo. Con el fin de probar la hipótesis, se parte de una regresión lineal, finalizando con un Modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (ARDL), pues este tipo de modelo permite analizar la relación entre variables, tanto a corto como a largo plazo.

El presente trabajo está estructurado de la siguiente manera. En el siguiente apartado se describe el marco teórico, seguido del estado del arte. Posteriormente se presenta la metodología y los materiales. Los resultados obtenidos de esta metodología, así como la discusión con recientes investigaciones, se encuentran en el último apartado. Esta investigación finaliza con las conclusiones.

2. Marco teórico

La corrupción es un tema que trae consigo consecuencias sociopolíticas y económicas para una nación, siendo una de las más destacadas el incremento del gasto público si este no está destinado de una forma eficiente. Esto sin mencionar que un país puede llegar a perder su reputación con inversores extranjeros, ya que estos perderían el interés en invertir en un país cuyo gobierno no refleja claramente sus acciones. Con lo anterior señalado podría decirse que los niveles de competitividad en una nación se verían afectados al momento en que se perciba la presencia de corrupción (Ferrando, 2016).

Justo como lo menciona la Teoría Económica del Comportamiento Criminal propuesta por Gary Becker dentro de su Modelo Simple de Crimen Racional, existen ciertos motivos por los cuales las personas llegan a cometer actos deshonestos. A pesar de ello, tales actos se basan en el análisis racional de cada situación (Becker, 1968).

El modelo supone que un individuo tiene una probabilidad p de no ser sancionado por cometer actos ilícitos. Además, posee un ingreso, y si comete el acto y no lo sancionan, recibe un incentivo. Pero si lo castigan, además de no recibir dicho ingreso, tendrá que pagar un monto mayor a este. Entonces se cumple que:

$$E(U) = p_1U(Y + a) + (1 - p_1)U(Y) \quad (1)$$

donde:

U = función de utilidad individual

p_1 = probabilidad de ser sancionado

Y = Valor de la satisfacción que genera un acto de corrupción

a = valor de la multa que genera un acto de corrupción

Con base a esto, se concluye que las razones por las cuales un individuo llega a cometer actos deshonestos son: si la probabilidad (p_1) de ser sancionado es menor, si el costo de la multa (a) baja, o si el monto del valor de satisfacción que genera un acto de corrupción (Y) aumenta.

En esta misma vertiente, Becker complementa junto con George J. Stigler que uno de los métodos para la eliminación de la corrupción es mediante una aplicación eficaz a las leyes. “Esta efectividad se reduciría si la cantidad pagada en sobornos fuese significativamente menor que el equivalente monetario de la pena” (Becker y Stigler, 1974). Además, una de las propuestas que exponen para reforzar la calidad de la realización de estas leyes es mediante la elevación de salarios (comparado con el beneficio monetario de sobornos que podrían llegar a recibir) de aquellos funcionarios más propicios a cometer actos ilícitos.

De igual manera, el postulado planteado anteriormente también nos enfrenta a uno de los principales factores dentro del modelo: el ingreso. Aquel beneficio monetario que la humanidad obtiene en cualquier momento de sus esfuerzos —ya sea en el presente o pasado— para convertir los recursos de la naturaleza en su mejor momento (Marshall, 1920). Con base en esto, dentro de la teoría general propuesta por Keynes, el ingreso es una parte fundamental para que se dé la inversión (que dependerá de la inicia-

tiva privada) y el consumo (que dependerá del sector público a través de políticas fiscales) (Keynes, 2003).

Ante esta situación, se puede mencionar el efecto multiplicador que causa una implementación en el gasto público dentro del ingreso. Donde el análisis expuesto por Mankiw indica que:

Un aumento de las compras del Estado provoca un incremento aún mayor de la renta. Es decir, ΔY es mayor que ΔG . El cociente $\Delta Y/\Delta G$ se denomina multiplicador de las compras del Estado; indica cuánto aumenta la renta en respuesta a un incremento de las compras del Estado de 1 euro [Mankiw, 2006].

Con esta interpretación se puede decir que cuando el gobierno aumenta su gasto público, invariablemente el consumo se elevará, y a su vez el ingreso también. Así sucesivamente, de lo que se concluye que un crecimiento en los niveles de gasto público provoca un aumento aún mayor en el ingreso (Mankiw, 2006).

Sumada esta idea en relación con el gasto público, un punto por destacar dentro de este análisis de corrupción es cómo el sector gubernamental desempeña sus funciones junto con la inversión extranjera y/o privada. Ante esto, se enfatiza el Modelo de Crecimiento Endógeno expuesto por Robert Barro. En este se dice que el capital privado es el resultado de una inversión productiva, y que el gobierno realiza inversión pública en bienes de desarrollo social (como escuelas, museos, parques, etc.), con lo cual dejaría de existir un efecto de privatización (Barro, 1990).

Ante este argumento, se tiene como principal enfoque —mediante la forma Cobb-Douglas— la siguiente función de producción:

$$y = Ak^{1-\alpha}g^\alpha \quad (2)$$

donde:

$$0 < \alpha < 1$$

A = *productividad de un país*

k = *servicios privados*

g = *(servicios públicos) compras gubernamentales por persona*

y = *producción per cápita*

El enfoque de la ecuación (2) es que algunas actividades de “infraestructura” del gobierno son insumos para la producción privada, y también elevan el producto marginal del capital privado. Además, dentro del modelo se demuestra que cuando el gobierno regulariza el crecimiento de la inversión pública con el capital privado, la tasa de crecimiento del ingreso no decrece (Barro, 1989).

Con todo lo anterior señalado podría decirse que la corrupción es el resultado de los comportamientos económicos que los agentes buscan para optimizar su beneficio, los cuales podrían llegar a frenar el desarrollo económico de un país (Vázquez, 2010).

3. Estado del arte

La corrupción es un tema que ha sido discutido de manera constante tanto en el ámbito nacional como en el internacional. Y a pesar de ser un asunto muy estudiado, aún no se logra comprender completamente cómo se dan las causas y efectos que conllevan sus actos.

Ha habido ciertas vertientes donde se adopta el enfoque desde la perspectiva del ingreso de un país. Tal es el caso de Vázquez (2010), quien mide el costo económico de la corrupción vista desde el producto interno bruto de México. Ese estudio concluye que los niveles de corrupción en el país ocasionan un contrapeso a su producción, demostrando que la corrupción cuesta aproximadamente 146 628 millones de pesos al año.

Sin embargo, no solo se puede medir el efecto que tiene la corrupción comparada con la productividad de un país; ciertos autores han buscado explicar los efectos que aquella ha ocasionado sobre las políticas y comportamientos adoptados del Estado. Un ejemplo a ello es el estudio a la descentralización fiscal de Alvarado y Rodríguez (2010), quienes aplican este enfoque dando énfasis a los 31 gobiernos locales de México a través de la utilización del método de mínimos cuadrados en dos etapas. De acuerdo con esto, señalan que el aumento del nivel de descentralización fiscal puede ayudar a tener un mejor control de la corrupción en el país.

Otro ejemplo que vale la pena recalcar es el estudio de la corrupción junto con la burocracia que realizan Soto y Cortez (2015); en este tratan de

responder cuáles son los principales factores que se determinan al momento de cometer actos ilícitos por parte de los funcionarios a nivel estatal. Dentro de su modelo econométrico (donde toman las entidades federativas del país como unidad de análisis), concluyen que a medida que incrementa la alternancia entre partidos políticos, el grado de corrupción de los servidores públicos tiende a ser menor, esto a causa de que enfrentan una amenaza creíble de ser sustituidos si un partido opositor resulta ser ganador (siendo este uno de los factores que inciden). Además, encontraron que si existe una participación electoral baja, como consecuencia se reflejan problemas de legitimidad, por lo que el gobierno suele solucionar esta situación adoptando medidas para perfeccionar la transparencia y la rendición de cuentas.

Si bien estos estudios indican que existe una gran influencia de la corrupción en México, de igual manera también incide en el ámbito internacional. Teniendo así en cuenta a Báez (2013), quien realiza su análisis de correlación entre diferentes variables sociales, económicas e institucionales, como el desempleo, la inflación, la formación bruta de capital fijo, la mortalidad infantil, la deuda, entre las principales. Con respecto a esto, revela que a medida que aumentan las calificaciones de corrupción en un país, los niveles de PIB per cápita serán bajos, lo cual generaría un menor nivel en recursos financieros para las empresas, por lo que las percepciones de la logística de ese país no se verían favorecidas en cuanto a los negocios. Concluyendo con esto una baja valoración dentro del índice de desarrollo humano (IDH) y una desconfianza hacia el Estado de Derecho por parte de los ciudadanos.

De igual manera, es preciso mencionar el aporte de Palacios (2014), quien realiza su investigación a 62 países para evaluar los impactos de la corrupción que afectan directamente el crecimiento económico. En él se encontró que esta no permite que el PIB se genere de manera óptima, además de que esta situación se complica en los escenarios donde los países son parte de regiones cuyas tasas de crecimiento son difíciles de sostener a largo plazo.

En el caso latinoamericano, valdría la pena mencionar lo que señalan Soto y Cortez (2015) en su análisis del costo económico de la corrupción en Argentina. En el cual, mediante una suma de costos económicos que involucran la corrupción, se argumenta que estos ascienden a 80.009 miles

de millones de dólares. Además, se sugiere que la mejor política anticorrupción es mediante la aplicación del castigo, prevención y educación. Sobre este último concepto cabría retomar la consideración anterior de Soto y Cortez (2015), quienes plantean que la relación de la corrupción con el promedio de educación es negativa en el corto y largo plazo.

Finalmente, valdría la pena aludir el estudio sobre la corrupción en Latinoamérica de Pastrana (2019), donde dio a conocer las consecuencias de la existencia de funcionarios públicos corruptos en contraste con los ciudadanos de un país. Con ello destaca que los latinoamericanos que perciban a estos con mayores niveles de corrupción tienden a estar menos satisfechos con el régimen democrático que hay en el país. Además, argumenta que aquellos ciudadanos que consideren una labor positiva por parte del gobierno que se toma en serio los temas de combate a la corrupción, son los que más se sienten a gusto con el régimen democrático.

4. Metodología

En el presente estudio se aplica la metodología ARDL (*autoregressive distributed-lag models*) para analizar si existe presencia de relación de equilibrio a largo plazo entre nuestra variable de estudio (Y_t) y las variables explicativas (X_{1t} , X_{2t} , ..., X_{nt}). Este modelo, desarrollado por Pesaran y Shin (1999), es autorregresivo porque Y_t es explicado por los valores rezagados de sí mismo. Además, contiene un componente de rezagos distribuidos en forma de retardos sucesivos de las variables independientes (X_{1t} , X_{2t} , ..., X_{nt}).

Cabe destacar que este modelo muestra una prueba alternativa para examinar una relación de equilibrio económico a largo plazo, independientemente de si las variables explicativas son $I(0)$, $I(1)$ o un conjunto de ambas. Además, comparado con la prueba de cointegración estándar, en esta es posible que diferentes variables tengan distintos rezagos óptimos.

Dentro de este enfoque, el modelo ARDL (p, q) puede estar formalmente representado por la siguiente expresión:

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \gamma_i Y_{t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_j x_{t-j} + \delta_1 Y_{t-1} + \delta_2 x_{t-1} \epsilon_t \quad (3)$$

donde Y_t es la variable dependiente, α_0 es la constante, γ_i y β_i son los coeficientes de corto plazo por estimar, x es la variable independiente, δ son los parámetros de largo plazo por estimar, y ε_t es el término de error mostrado como una “perturbación aleatoria” de largo plazo.

Como primer paso, se necesitará probar si existe una relación a largo plazo entre las variables dependiente e independientes. Esta misma comprobación puede ser analizada a través del estadístico F , donde Pesaran y Shin (1999) proporcionan dos valores críticos que son utilizados con el fin de aceptar o rechazar la existencia de una relación a largo plazo entre estas. Los valores críticos serán usados para cada posible caso que se explicará a continuación.

Mediante los dos valores críticos proporcionados se dice que el del límite superior representa a la serie $I(1)$, y el del límite inferior representa a la serie $I(0)$. La hipótesis nula sobre si no hay relación de largo plazo, técnicamente llamada cointegración, será rechazada si el estadístico F es mayor en valor absoluto que el valor crítico del límite superior, lo que significaría que existe evidencia de una relación a largo plazo entre las variables independientemente del orden de integración de estas. Por otro lado, si el estadístico F calculado es menor que el valor crítico del límite inferior, no se podrá rechazar la hipótesis nula de no cointegración. Sin embargo, si el estadístico F se encuentra entre los límites de los valores críticos, no se podrá concluir una inferencia.

Una vez aplicada la prueba de cointegración, el segundo paso es estimar los coeficientes de largo plazo del modelo ARDL —a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)— así como la representación del mecanismo de corrección de errores (MCE).

Como bien se mencionó, la prueba de cointegración muestra si hay alguna conexión de equilibrio en el largo plazo entre las variables. Sin embargo, esta no muestra qué pasa si existe un desequilibrio. Para dar solución a esta situación se empleará el MCE, el cual fue introducido por Sargan (1964), y popularizado por Engle y Granger (1987). Este mecanismo reforma el desequilibrio que pudiera haber en el corto plazo. Cabe recalcar que con esta implementación resulta más sencillo interpretar la ecuación, ya que este tipo de modelos elimina generalmente regresiones espurias, además de que el término de error es interpretado como una variable estacionaria,

lo que previene errores mayores en el largo plazo (Asteriou y Hall, 2016). Dando así la siguiente ecuación:

$$\Delta \ln Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta \ln Y_{t-i} + \sum_{i=0}^q \beta_i \Delta \ln x_{t-1} + \lambda u_{t-1} + e_t \quad (4)$$

donde $\Delta \ln$ representa el operador logarítmico de primeras diferencias, y u_{t-1} es el valor rezagado del término de error de la ecuación (4). Donde λ debe ser negativo y estadísticamente significativo para reestablecer el equilibrio. En caso de que el término sea positivo, significa que el modelo es explosivo y no hay convergencia.

Para determinar el número de rezagos que deben aplicarse, es preciso enfocarse principalmente en los criterios de información Akaike (AIC) y Schwarz Bayesian (SBC), ya que de acuerdo con Pesaran y Shin (1999), estos contienen especificaciones más parsimoniosas. Asimismo, comentan que, para datos anuales, se recomienda escoger un máximo de entre dos rezagos.

Prueba de Normalidad

Se utiliza la prueba Jarque-Bera, donde las propiedades de los estimadores de MCO dependen de cómo se distribuye el término de error; lo ideal sería que tuviera una distribución normal con media cero y varianza σ^2 ($u^i \sim N(0, \sigma^2)$). Si los errores no se distribuyen de manera normal, ocasionaría una inconsistencia en los estimadores al momento de hacer inferencia sobre los valores críticos de la distribución F (Wooldridge, 2010). Con base en lo anterior, se tiene que el estadístico de prueba Jarque-Bera se obtiene con la siguiente fórmula:

$$JB = n \left[\frac{s^2}{6} + \frac{(k-3)^2}{24} \right] \quad (5)$$

H_0 : $JB = 0$ La variable sigue una distribución normal

H_1 : $JB \neq 0$ La variable no sigue una distribución normal

5. Materiales

La corrupción en general solo puede ser medida a través de diferentes índices que se han implementado desde principios de 1980. Uno de ellos es el índice de percepción de la corrupción (IPC), el cual es publicado por Transparencia Internacional (1995). Este índice califica a 180 países y su medición va desde una escala de 0 (alta corrupción) a 100 (baja corrupción) dentro de los niveles de percepción que hay en el sector público en un país.

Ante esta información, se utilizará dicho índice durante el periodo de estudio de 1995 a 2019 específicamente en el caso de México como variable endógena para saber su calificación anual. Como variables exógenas se utilizarán el PIB de México obtenido del INEGI (2020); el gasto público, el cual fue medido a través del gasto neto del sector público presupuestario (SHCP, 2020); las entradas netas de la inversión extranjera directa total del país (Banco de México, 2020), y la tasa de inflación anual (base 2018 = 100) (INEGI, 2018).

Descripción estadística

En esta sección se muestra una descripción breve de los principales indicadores estadísticos de las variables de estudio. En el cuadro 2.1 se presenta la descripción estadística de cada una de las variables de estudio, 25 observaciones para cada una, ya que el periodo de análisis es de 1995 a 2019. En el panel A, se muestra un breve resumen estadístico de las variables, donde pueden resaltarse los valores máximos y mínimos de cada una de ellas.

Respecto a la Jarque-Bera, si se observa el valor p , se puede decir que los datos de todas las variables, excepto la inflación, se distribuyen de manera normal, lo cual implica una presencia de mesocurtosis, así como de simetría. En cuanto al coeficiente de asimetría para la variable de la inflación, indica una concentración de datos por debajo de la media, lo cual señala que los datos para esta variable no se distribuyen de manera normal, mostrando una curva leptocúrtica.

En un sentido no tan estricto, y basándonos en el coeficiente de asimetría para las variables de ingreso y gasto público, se concluye que práctica-

mente es cero, es decir, son simétricas. Si bien, aunque para las demás variables se muestra que no hay presencia de simetría, basándonos en el valor p de la prueba Jarque-Bera se afirma que las variables se distribuyen de manera normal, excepto la inflación, tal como se mencionó.

En el panel B se puede apreciar la matriz de correlación para las variables de estudio. En el caso de las correlaciones negativas, se indica que, si una variable aumenta en su respectiva medida, la otra disminuye en la misma proporción, tal es el caso de la correlación negativa que hay entre el gasto público y el índice de percepción de la corrupción (-0.370).

Cuadro 2.1. Resumen de la descripción estadística y matriz de correlación

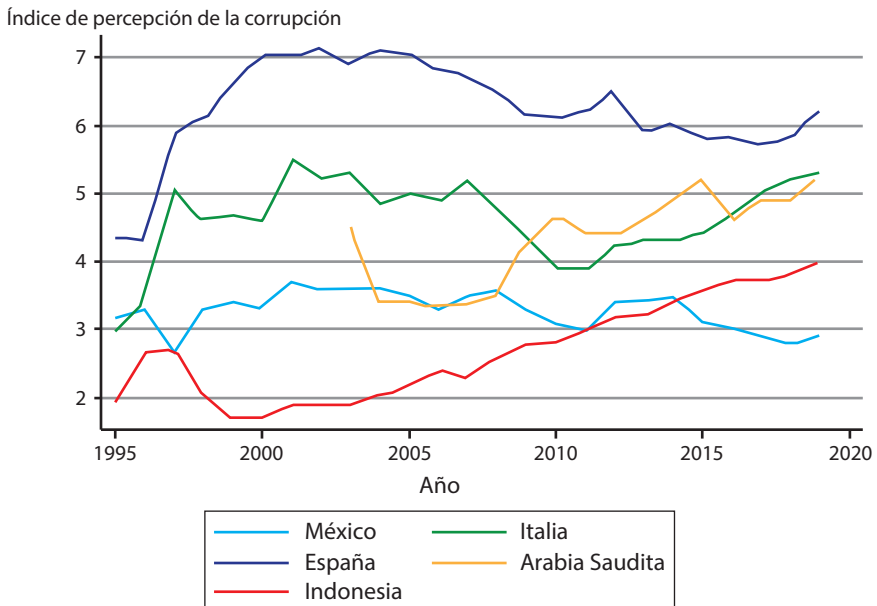
| <i>Medida</i> | <i>Índice de percepción de la corrupción (IPC)</i> | <i>Ingreso (ing)</i> | <i>Gasto público (GP)</i> | <i>Inversión extranjera directa (IED)</i> | <i>Inflación (inf)</i> |
|----------------------------------|--|----------------------|---------------------------|---|------------------------|
| Panel A: resumen estadístico | | | | | |
| Media | 3.277 | 14556234.77 | 3220327.09 | 2.689 | 0.668 |
| Mediana | 3.3 | 14511307.25 | 3198729.12 | 2.596 | 0.366 |
| Valor máximo | 3.7 | 18520043.51 | 4867619.95 | 3.972 | 3.571 |
| Valor mínimo | 2.66 | 9996720.54 | 1786290.4 | 1.461 | 0.18 |
| Des. estándar | 0.282 | 2436071.88 | 1057357.89 | 0.59 | 0.749 |
| Asimetría | -0.522 | 0.035 | 0.054 | 0.271 | 2.919 |
| Curtosis | -0.586 | -0.823 | -1.576 | -0.065 | 9.406 |
| Jarque-Bera | 1.521 | 0.845 | 2.383 | 0.354 | 88.307 |
| Valor p | 0.467 | 0.655 | 0.303 | 0.837 | 0.000 |
| Panel B: matriz de correlaciones | | | | | |
| IPC | 1 | | | | |
| ing | -0.34 | 1 | | | |
| GP | -0.37 | 0.962 | 1 | | |
| IED | 0.185 | 0.114 | 0.038 | 1 | |
| inf | -0.123 | -0.672 | -0.584 | -0.133 | 1 |

Fuente: Elaboración propia en STATA 13 y Eviews 10.

Por otro lado, la correlación que hay entre el gasto público y el ingreso, la cual es cercana a 1 (0.962), indica una fuerte correlación entre estas variables. Sin embargo, si se observa la correlación que hay entre la inversión extranjera directa y el gasto público, se aprecia que casi no hay presencia de correlación, esto al poseer un valor cercano a cero (0.038).

Por otra parte, a manera comparativa, se buscó cuáles fueron las economías parecidas a las de México, en términos del PIB, encontrándose Italia, España, Indonesia y Arabia Saudita (INEGI, 2011). Por consiguiente, se comparó el índice de percepción de la corrupción de 1995 a 2019 para estos países, el cual ha mejorado a lo largo del tiempo, mientras que México ha empeorado, véase la gráfica 2.1. Cabe señalar que para el caso de Arabia Saudita, su registro dentro de la base inició a partir de 2004, por lo que su evolución se tomó en cuenta a partir de ese año.

Gráfica 2.1. Evolución del índice de percepción de la corrupción de México con otros países en términos de PIB

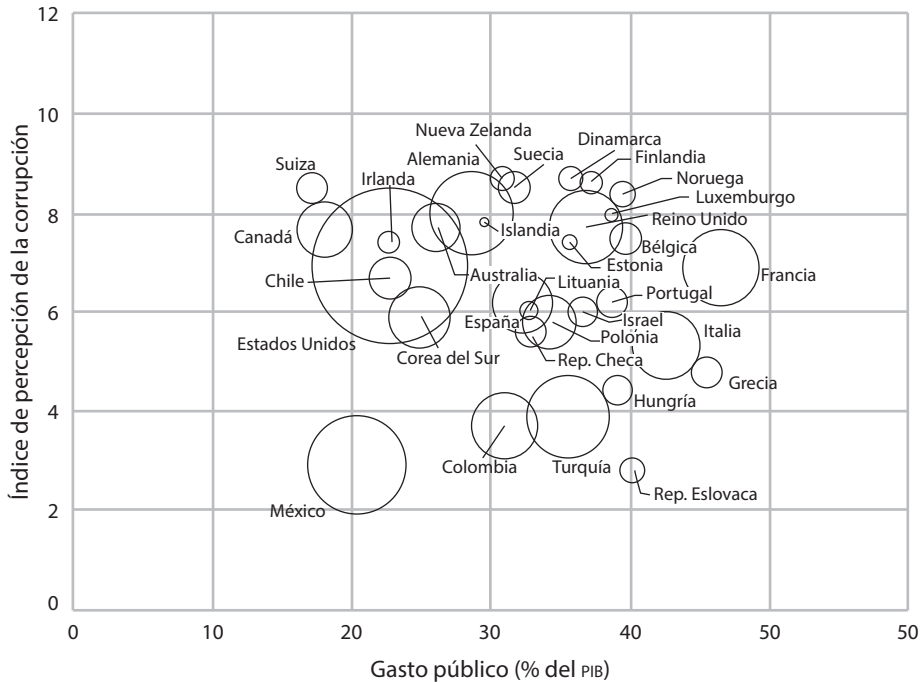


Fuente: Elaboración propia con STATA.

Para complementar el análisis comparativo, en la gráfica 2.2 se observan países integrantes de la OCDE y su respectivo índice de percepción de la corrupción con el porcentaje de gasto público obtenido del PIB (Banco Mundial, 2019), donde el tamaño de la burbuja representa el tamaño de la población. Se observa que si el gasto público de un país aumenta, el índice de percepción de la corrupción puede llegar a incrementarse también, lo que significaría que el país no tiene alto grado de corrupción.

México se encuentra por debajo de los demás países, indicando tener un gasto público de cerca de 20% comparado con el PIB, siendo de las naciones que menos porcentaje generan. Esto refleja a su vez que es de las naciones con menor índice de percepción de la corrupción, lo cual sugiere que cuenta con mayores actividades ilícitas.

Gráfica 2.2. Evaluación del índice de percepción de la corrupción en países de la OCDE, 2019



Fuente: Elaboración propia con información del Banco Mundial (2019).

Pruebas de raíces unitarias

Como segunda parte se muestran las pruebas de raíz unitaria, para cada una de las variables de estudio. El objetivo de estimar las pruebas de raíces unitarias es establecer el orden de integración de cada una de las variables. Estas pruebas ayudan a conocer si una serie de tiempo es estacionaria o no. Siendo que una variable no estacionaria implicará una memoria infinita frente a choques temporales (Gujarati y Porter, 2009).

Cuadro 2.2. Pruebas de raíz unitaria

| | Dickey – Fuller Aumentada | | | Phillips-Perron | | |
|---------------------|---------------------------|-----------|---------------|-----------------------|-----------|---------------|
| | Constante y tendencia | Constante | Sin constante | Constante y tendencia | Constante | Sin constante |
| lipc | -2.692 | -2.359 | -0.375 | -2.648 | -2.359 | -0.456 |
| Δ lipc | -3.064 | -6.434* | -6.544* | -9.297* | -7.084* | -7.181* |
| $\Delta\Delta$ lipc | -9.646* | -9.815* | -10.026* | -14.683* | -14.822* | -15.580* |
| ling | -3.748** | -2.253 | 4.9 | -3.722** | -2.17 | 4.541 |
| Δ ling | -4.074** | -3.992* | -2.792* | -4.056** | -3.956* | -2.792** |
| $\Delta\Delta$ ling | -7.018* | -4.307* | -4.363* | -9.910* | -9.854* | -9.612* |
| lgp | -1.091 | -1.902 | -9.333* | -0.919 | -2.306 | 4.317 |
| Δ lgp | -5.457* | -5.058* | -0.884 | -5.746* | -5.109* | -3.461* |
| $\Delta\Delta$ lgp | -4.155** | -9.333* | -9.504* | -14.821* | -16.669* | -14.679* |
| ied | -4.369** | -4.463* | -0.124 | -4.369** | -4.463* | -0.569 |
| Δ ied | -5.582* | -5.723* | -5.871* | -17.367** | -17.411* | -17.785* |
| $\Delta\Delta$ ied | -8.330* | -8.500* | -8.719* | -23.413** | -24.411* | -24.956* |
| inf | -8.103* | -9.618* | -2.391 | -9.241* | -13.614* | -7.776* |
| Δ inf | -3.798** | -4.958* | -5.238* | -6.747* | -7.332* | -7.472* |
| $\Delta\Delta$ inf | -2.103 | -2.391 | -2.799* | -8.713* | -7.751* | -8.041* |

donde:

l indica el logaritmo natural, Δ expresa diferencia

ipc: índice de percepción de la corrupción

ing: ingreso

gp: gasto público

ied: inversión extranjera directa

inf: inflación

La hipótesis nula: serie No estacionaria.

*, ** y *** Rechazo de la hipótesis nula al .01, .05 y .10 de significancia, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia con Eviews 10.

De los datos obtenidos se puede observar que las pruebas sugieren que las variables del índice de percepción de la corrupción, ingreso, así como gasto público son de orden 1 en niveles. Por ende, estacionarias en primera diferencia. Por otro lado, se sugiere que las variables de la inversión extran-

jera directa y la inflación son de orden 0 en niveles, es decir, ya estacionarias. Tales afirmaciones a un nivel de significancia del 95 y 99 por ciento.

6. Resultados y discusión

Como punto de partida se analizó la relación del índice de percepción de la corrupción con las variables independientes a través de una regresión lineal mediante el método de MCO. En el cuadro 2.3 se puede observar que se presenta el problema de no normalidad, de igual manera su bondad de ajuste es muy baja.

Cuadro 2.3. *Regresión lineal*

| <i>Variable</i> | <i>Coficiente</i> | <i>Desv. típica</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Valor p</i> |
|----------------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|----------------|
| ling | -0.557 | 0.408 | -1.366 | 0.186 |
| lgp | 0.084 | 0.219 | 0.383 | 0.705 |
| inf | -0.080 | 0.031 | -2.536 | 0.019** |
| ied | 0.027 | 0.028 | 0.970 | 0.343 |
| c | 9.093 | 3.796 | 2.395 | 0.026** |
| Media de la variable dependiente | 1.183 | Log-verosimilitud | | 30.767 |
| Suma de cuad. residuos | 0.124 | R-cuadrado Ajustado | | 0.202 |
| R-cuadrado | 0.335 | Valor p (de F) | | 0.073 |
| F estadístico | 2.523 | Criterio de Akaike | | -2.061 |
| Prueba de normalidad JB | 29.464 | Criterio Hannan-Quinn | | -1.993 |
| Valor p | 0.000 | Criterio Schwarz | | -1.817 |

donde:
 *, **, .10 y .05 de significancia, respectivamente.
 c Representa la constante.

Fuente: Elaboración propia en Eviews 10.

Al ver la presencia de estos problemas, se analizaron las mismas variables, pero a través del modelo ARDL, con el cual se pretende averiguar la existencia de cointegración. Se efectuaron dos estimaciones ARDL. La primera con una observación atípica —representada con una variable dummy—, la cual obedece al año 2008, cuando aconteció la crisis financiera internacional y que pudo haber afectado la relación entre las variables de estudio; la segunda sin tal observación atípica.

Con el fin de elegir entre ambas estimaciones, en el cuadro 2.4 se presentan las pruebas de cointegración, especificación y diagnóstico. En el modelo sin observación atípica las variables cointegran entre sí, cumplen con el principio de normalidad, su bondad de ajuste es aceptable, sus errores son homoscedásticos, y el modelo está correctamente especificado. Sin embargo, este presenta problemas de autocorrelación. Por otro lado, para el modelo con observación atípica se aprecia que no se rechaza la hipótesis nula de la prueba t sobre no cointegración, además de que no aporta información sobre si existe correlación serial o si el modelo está correctamente especificado. A partir de esta comparativa se concluye que el mejor modelo es el que no contiene observación atípica.

Cuadro 2.4. *ARDL: Pruebas de cointegración, especificación y diagnóstico*

| <i>Estadísticos</i> | <i>Sin observación atípica</i> | | <i>Con observación atípica</i> | |
|---------------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|---------------|
| FC | 8.36 | rechazo H0 | 2.91 | rechazo H0** |
| tC | -5.30 | rechazo H0 | -1.99 | no rechazo H0 |
| χ^2H | 11.18 | (0.79) | 16.60 | (0.48) |
| χ^2SC | 18.28 | (0.00)** | | |
| χ^2N | 2.19 | (0.33) | 0.85 | (0.65) |
| FFF | 1.22 | (0.33) | | |
| R2 | 0.96 | | 0.98 | |
| R-cuadrada Ajustada | 0.91 | | 0.93 | |
| Akaike | -4.49 | | -4.96 | |
| Schwarz | -3.84 | | -4.12 | |
| Hannan-Quinn | -4.33 | | -4.76 | |

Nota: Los valores críticos para la prueba de los límites de cointegración son:

| | <i>Hipótesis Nula: No cointegración</i> | | | |
|----------------------|---|-------------|-----------------|-------------|
| | <i>Prueba F (k=2)</i> | | <i>Prueba t</i> | |
| <i>Significancia</i> | <i>I(0)</i> | <i>I(1)</i> | <i>I(0)</i> | <i>I(1)</i> |
| 10% | 2.45 | 3.52 | -2.57 | -3.66 |
| 5% | 2.86 | 4.01 | -2.86 | -3.99 |
| 1% | 3.74 | 5.06 | -3.43 | -4.60 |

donde:

() valor- p

*,** .10 y .05 de significancia, respectivamente.

FC Prueba F de cointegración.

tC Prueba t de cointegración.

χ^2H Prueba de Heteroscedasticidad (White, términos no cruzados).

χ^2SC Prueba LM de Correlación Serial (Breusch-Godfray).

χ^2N Prueba de Normalidad (Jarque-Bera).

FFF Prueba de Forma Funcional (Ramsey's RESET test), H0: correctamente especificado.

Fuente: Elaboración propia en Eviews 10.

Aunque las pruebas permiten elegir entre modelos, el cuadro 2.5 presenta sus estimaciones. Se aprecia que en el modelo con observación atípica ninguna de las variables resultó ser significativa, reforzándose así el rechazo de este modelo.

Cuadro 2.5. Estimación de los modelos ARDL

| Variables | <i>Sin observación atípica</i> | | <i>Con observación atípica</i> | |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----------|--------------------------------|----------|
| Sección 1. Ajuste | | | | |
| lipct-1 | -2.110(1) | [0.399]** | -2.04 | [1.020] |
| Sección 2. Autorregresivo | | | | |
| Δ lipct-1 | 1.520 | [0.379]** | 1.55 | [0.794] |
| Δ lipct-2 | 0.990 | [0.271]** | 1.06 | [0.489] |
| Sección 3. Largo plazo | | | | |
| lingt-1 | 1.630 | [0.753]** | 0.389 | [0.696] |
| lgpt-1 | -1.096 | [0.256]** | -0.520 | [0.741] |
| iedt-1 | -0.040 | [0.031] | -0.012 | [0.115] |
| inft-1 | -0.430 | [0.096]** | -0.543 | [0.185] |
| Sección 4. Corto plazo | | | | |
| Constante | -7.870 | [5.880] | 3.849 | [17.503] |
| Δ lgpt | 0.020 | [0.327] | -0.455 | [0.834] |
| Δ lgpt-1 | 2.025 | [0.440]** | 1.313 | [0.996] |
| Δ lgpt-2 | 2.014 | [0.519]** | 1.395 | [1.107] |
| Δ iedt | -0.065 | [0.026]** | -0.054 | [0.050] |
| Δ iedt-1 | -0.049 | [0.033] | -0.081 | [0.071] |
| Δ iedt-2 | -0.041 | [0.022] | -0.056 | [0.038] |
| Δ inft | -0.161 | [0.078]* | -0.305 | [0.181] |
| Δ inft-1 | 0.124 | [0.056]* | 0.098 | [0.103] |
| Δ inft-2 | -0.144 | [0.062]* | -0.168 | [0.121] |
| Δ lingt | | | 1.348 | [0.909] |
| Δ lingt-1 | | | 0.648 | [1.142] |
| Δ lingt-2 | | | 0.963 | [0.923] |
| Sección 5. Variables dummy | | | | |
| d2008 | | | 0.090 | [0.103] |

donde:

[] Errores estándar.

*, ** significancia de 10 y 5% niveles, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia en Eviews 10.

En el cuadro 2.5 se muestra que la estimación se dividió en cinco secciones. En la primera se aprecia el coeficiente del índice de percepción de la corrupción rezagado un periodo, llamado coeficiente de ajuste, ya que expresa la corrección o ajuste que se debe efectuar en el corto plazo para lograr el equilibrio de largo plazo. El coeficiente es estadísticamente significativo y su valor es negativo, como lo sugiere la teoría del modelo de corrección de errores (Engle y Granger, 1987). Sin embargo, también se aprecia que este coeficiente no es menor a uno, lo cual indica que la diferencia entre el índice de percepción de la corrupción de largo y corto plazo se corrige en menos de un año. Es decir, en tan solo seis meses se alcanza el equilibrio de largo plazo. La causa de este resultado se atribuye al pequeño periodo de estudio (1995-2019). Por ende, es probable que el coeficiente mejorará al aumentar el número de observaciones.

En la segunda sección se observan los valores autorregresivos del modelo; básicamente muestra cómo impactan los cambios del pasado del índice de percepción de la corrupción sobre él mismo, demostrando la historia del índice a corto plazo. Ambos valores, al tener coeficientes estadísticamente significativos, indican que el pasado de la variable afecta en el presente de esta misma. Todo ello suscita la presencia de un patrón estacional en el índice de percepción de la corrupción.

La tercera sección obedece a la relación de equilibrio a largo plazo dentro del periodo de estudio. Se observa que la elasticidad de largo plazo del índice con respecto al ingreso es de 1.63. Entonces, tomando en cuenta que *un índice alto representa un país menos corrupto*, se concluye —por el valor de la elasticidad— que a medida que los ingresos de las personas aumentan, el país obtendrá una mejor calificación en el índice. Caso contrario, si los ingresos presentan una pérdida considerable, el índice mantendrá una baja calificación, representando una mayor corrupción, posibilitándose así la presencia de un círculo vicioso, pues los resultados de Bandeira *et al.* (2001) mencionan que, ante la presencia de corrupción, será evidente una pérdida considerable de ingresos, a tal punto de verse afectada la productividad del capital.

En cuanto al gasto público y la inflación, se observa que ambas variables tienen un impacto negativo sobre el índice. Empero, aunque am-

bas elasticidades del índice son negativas, su magnitud difiere notablemente, con respecto al gasto público es de -1.09 , siendo con la inflación menos de la mitad, -0.43 . Cabe mencionar que el signo de esta elasticidad confirma los resultados de Kurihara (2001), es decir una mayor corrupción se asocia con una mayor inflación. La confirmación se logra, a pesar de que Kurihara cubre otro periodo de estudio (1980-1998), sin omitir que emplea otros índices para medir la corrupción, el “Business International Measure” y el “Índice de Eficiencia Burocrática”, ambos de Mauro (1995).

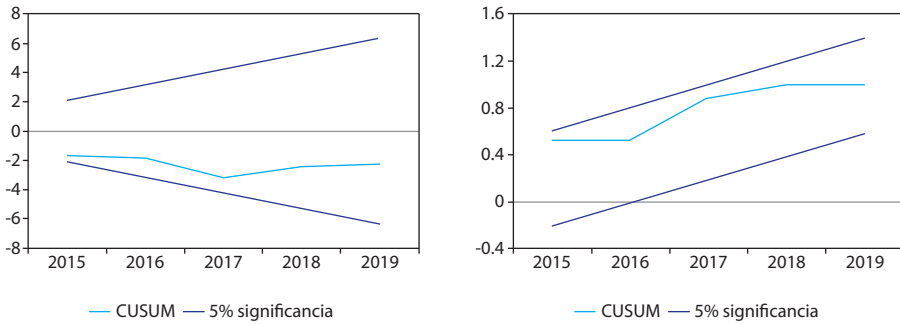
En la cuarta sección se aprecian las elasticidades de corto plazo del índice de percepción de la corrupción con respecto a las variables independientes. Al igual que en el largo plazo, la inflación reduce el índice. Confirmándose así el resultado obtenido de Akça y Ata (2012), el aumento de la inflación provoca el crecimiento de la corrupción.

Para el caso del gasto público se sabe que afecta de manera positiva al índice. En otras palabras, puede decirse que ante aumentos del gasto público, disminuye la corrupción. Sin embargo, no hay que olvidar que, bajo la sección tres de largo plazo, el gasto público impactó de manera negativa, es decir, aumentó la corrupción. En este sentido, el efecto del gasto público en el índice se modificó a lo largo del tiempo. Es decir, en principio contribuyó a reducir la corrupción. Empero, sin una inspección rigurosa de su uso, generó corrupción en el largo plazo.

También dentro de la sección cuatro, se observa que la inversión extranjera directa, y no sus rezagos, afectó de manera negativa al índice de percepción de la corrupción. Dicho de otra manera, en el corto plazo el flujo de inversión extranjera aumentó la corrupción. Este resultado coincide con el estudio de Rico-Segura *et al.* (2020), el cual también encontró que existe una relación negativa entre dichas variables.

Para evaluar la presencia o ausencia de algún cambio estructural se presenta la Ggráfica 2.3. A través de la Suma Acumulativa (CUSUM) y Acumulativa de Cuadrados (CUSUMQ) se aprecia que no existe cambio estructural. Es decir, los parámetros, tanto de corto como de largo plazo, son estables a lo largo del periodo de estudio.

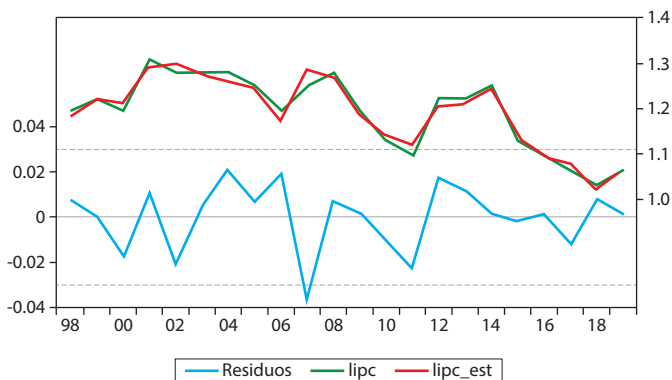
Gráfica 2.3. Pruebas de estabilidad



Fuente: Elaboración propia en Eviews 10.

Por último, para evaluar la capacidad del modelo ARDL de replicar el comportamiento de la variable dependiente (*lipc*), en la gráfica 2.4 se muestra esta variable junto con la estimada (*lipc_est*). Se aprecia que el modelo ARDL, representado por *lipc_est*, tiene un buen ajuste. Es decir, no solo capta la tendencia histórica de la variable *lipc*, también representa las variaciones de esta durante el periodo de estudio. Por consiguiente, este ajuste, junto con las pruebas de estabilidad, cointegración, especificación y diagnóstico, antes mencionadas, confirman la validez del modelo ARDL seleccionado.

Gráfica 2.4. Ajuste del modelo ARDL



Fuente: Elaboración propia en Eviews 10.

7. Conclusiones

Este estudio, a través del modelo ARDL proporciona evidencia de que el entorno macroeconómico —representado por los niveles de ingreso, gasto público, inversión extranjera directa e inflación— influyó en la corrupción entre 1995 y 2019. Asimismo, se sabe que esta no cambió ante la presencia de la crisis financiera de 2008.

En este sentido, los resultados permitieron confirmar la hipótesis de estudio. En concreto, con excepción de la inflación, se comprobó que el efecto de las variables de estudio en la corrupción fue diferente entre el corto y el largo plazo. Sin duda esto resulta de interés, pues con ello se ha encontrado que una política pública eficiente contra la corrupción no solo depende de la variable o instrumento empleado, sino también del tiempo en el que se efectúa.

Una de las grandes limitaciones que se encontraron al realizar este análisis fue la ausencia de grandes series de información; en consecuencia, el periodo de estudio fue corto, por lo que dentro de la metodología ARDL el coeficiente de ajuste resultó ser demasiado alto, indicando así que la diferencia entre el índice de percepción de la corrupción de largo y corto plazo se corrige en menos de un año.

Por lo tanto, existen futuras vías de investigación con las cuales el estudio no solo mejoraría, sino también se complementarían. Por ejemplo, sería de interés recopilar información sobre medidas directas o indirectas de corrupción y compararlas con el índice de percepción de la corrupción. Podrían ser el Barómetro Global de la Corrupción (Unión Europea, 2021), o el Índice de Estado de Derecho en México (World Justice Project, 2021). De igual manera, resultaría de interés poder realizar estas mismas estimaciones con datos que cubran una dimensión de tiempo más largo, y con ello poder probar más de una observación atípica o algún tipo de cambio estructural dentro del modelo ARDL.

Bibliografía

- Akça, H., y Ata, A. Y. (2012). Inflation and Corruption Relationship: Evidence from Panel Data in Developed and Developing Countries. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 2(3), 281-295. <https://www.econjournals.com/index.php/ijefi/article/view/234>.
- Alvarado, L., y Rodríguez, R. (2010). La descentralización fiscal y su efecto sobre la corrupción. *Análisis Económico*, XXV, 241-271. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41316760010>
- Asteriou, D., y Hall, S. G. (2016). *Applied Econometrics* (3a. ed., vol. 1). Palgrave. https://doi.org/https://doi.org/10.1057/978-1-137-41547-9_1.
- Báez, J. (2013). Relación entre el Índice de Control de la Corrupción y algunas variables sociales, económicas e institucionales. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 38(2). https://doi.org/10.5209/rev_noma.2013.v38.42911.
- Banco de México (2020). *Componentes de inversión extranjera directa en México (Principio direccional)*. <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE131§or=1&locale=es>.
- Banco Mundial (2019). *Data Bank. World Development Indicators*. <https://databank.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG/1ff4a498/Popular-Indicators>.
- Bandeira, A. C., Garcia, F., y Silva, M. F. G. da. (2001). How does corruption hurt growth? Evidences about the effects of corruption on factors productivity and per capita income. *Textos Para Discussão*, 103. https://www.researchgate.net/publication/36408350_How_Does_Corruption_Hurt_Growth_Evidences_About_the_Effects_of_Corruption_on_Factors_Productivity_and_Per_Capita_Income.
- Barro, R. J. (1989). A Cross-Country Study of Growth, Saving, and Government. *National Saving and Economic Performance*, 0-226-04404-1, 271-394. <https://doi.org/https://doi.org/10.3386/w2855>.
- Barro, R. J. (1990). Government Spending in a Simple Model of Endogeneous Growth. *Journal of Political Economy*, 98(5, parte 2), S103-S125. <https://doi.org/10.1086/261726>.
- Becker, G. S. (1968). Crime and Punishment: An Economic Approach. *The Journal Of Political Economy*, 76(2), 169-217. <https://doi.org/https://doi.org/10.1086/259394>.
- Becker, G. S., y Stigler, G. J. (1974). La aplicación de las leyes, la corrupción y la remuneración de los jueces. *Journal of Legal Studies*, 1, 1-18.
- Engle, R. F., y Granger, C. W. J. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation. *The Econometric Society*, 55(2), 251-276. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/1913236>.
- Ferrando, A. (2016). Contribuciones de la economía del comportamiento a la batalla contra la corrupción, en *Guía de Economía del Comportamiento* (1a. ed., vol. 1, pp. 105-133). Instituto Mexicano de Economía del Comportamiento.
- Gujarati, D., y Porter, D. (2009). *Econometría* (5a. ed.). McGraw Hill.
- INEGI (2011). *Comparaciones Internacionales*. <https://www.inegi.org.mx/temas/pci/>.

- INEGI (2018). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2018*. <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2018/>.
- INEGI (2020). *Banco de Indicadores*. <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?t=0190001000100010&ag=00#tabMCcollapse-Indicadores>.
- Keynes, J. M. (2003). *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero* (4a. ed.). FCE (Original 1936).
- Kurihara, Y. (2001). Inflation, Corruption and Growth. *CiNii (経営総合科学)*, 1(76), 141-146.
- Mankiw, G. (2006). *Macroeconomía* (6a. ed.). Antoni Bosch.
- Marshall, A. (1920). *Principles of Economics* (8a. ed.). Palgrave Macmillan.
- Mauro, P. (1995). Corruption and growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(3), 681-712. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2946696>.
- Olken, B. A. (2007). Monitoring corruption: Evidence from a field experiment in Indonesia. *Journal of Political Economy*, 115(2), 200-249. <https://doi.org/10.1086/517935>.
- Palacios, J. (2014). Efectos de la corrupción sobre el crecimiento económico. Un análisis empírico internacional. *En Contexto*, 2, 109-126.
- Pastrana, A. (2019). Estudio sobre la corrupción en América Latina. *Revista Mexicana de Opinión Pública*, 2(27), 13-40. <https://doi.org/10.22201/fcpys.24484911e.2019.27.68726>
- Pesaran, M. H., y Shin, Y. (1999). An Autoregressive Distributed-Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis, en *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century* (pp. 371-413). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/ccol521633230.011>.
- Rico-Segura, D. V., Buzo-Bueno, D. L., y Jiménez-Rico, A. (2020). Impacto de la corrupción en la inversión extranjera directa en México. *VinculaTégica EFAN*, 6(2), 1044-1062.
- Sargan, D. J. (1964). Wages and Prices in the United Kingdom: A Study in Econometric Methodology, en *Econometric analysis for national economic planning* (1a. ed., pp. 25-63). Butterworths.
- SHCP (2020). *Analíticos del Presupuesto de Egresos de la Federación*. https://www.pef.hacienda.gob.mx/es/PEF/Analiticos_PresupuestariosPEF.
- Soto, I. M., y Cortez, W. W. (2015). La corrupción en la burocracia estatal Mexicana. *Revista de Economía Institucional*, 17(33), 161-182. <https://doi.org/10.18601/01245996.v17n33.07>.
- Transparencia Internacional (1995). Índice de Percepción de la Corrupción. <https://www.transparency.org/en/cpi/2019/results/mex>.
- Transparencia Internacional (2020). Índice de Percepción de la Corrupción 2020. Comunicado. <https://www.transparency.org/es/news/cpi-2020-global-highlights>.
- Transparencia Mexicana (2021). *Mejora percepción de corrupción en México 2020; riesgo de impunidad, latente: Transparencia Mexicana*. <https://www.tm.org.mx/ipc2020/>.
- Unión Europea (2021). *Barómetro Global de la Corrupción*. <https://transparencia.org.es/barometro-global-anticorrupcion-edicion-union-europea-2020/>.

- Vázquez, Jaime (2010). El impacto económico de la corrupción en México. *Pluralidad y Consenso*, 3(12), 25-30. <http://revista.ibd.senado.gob.mx/index.php/PluralidadyConsenso/article/view/166>.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno* (4a. ed.). Cengage Learning.
- World Justice Project (2021). Índice de Estado de Derecho en México 2020-2021. <https://worldjusticeproject.mx/indice-de-estado-de-derecho-en-mexico-2020-2021/>.

Capítulo 3. Inversión, pobreza y desigualdad en la región norte de México

EDUARDO PEÑALOZA REYES*

JUAN MARROQUÍN ARREOLA**

Resumen

El objetivo de este capítulo es analizar los efectos que tienen la inversión privada, el nivel educativo y las remesas en la pobreza y desigualdad en las entidades de la región norte de México. Para tal propósito, se realizó una revisión de literatura sobre la temática, así como un análisis descriptivo, y se elaboraron varios modelos de datos panel para analizar la interacción y relación entre las variables estudiadas. Los resultados arrojan que la inversión privada genera un incremento de la desigualdad, mientras que las remesas contribuyen a apaciguar la pobreza.

Palabras clave: *inversión, crecimiento, desigualdad, pobreza*

1. Introducción

El crecimiento económico no es homogéneo en cada zona del país, cada territorio se ha desarrollado de forma si bien no independiente, sí de ma-

Agradecimiento: Este documento es derivado del proyecto SIP: 20211223, "Interacción de la inversión pública y privada en el crecimiento económico en México". Se agradece al Instituto Politécnico Nacional el apoyo brindado.

* Alumno de la maestría en Ciencias Económicas. Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9077-9059>

** Doctor en Ciencias Económicas. Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3981-1842>

nera separada, a pesar de estar en la misma zona colindante o tener el mismo apoyo, todo ha sido de forma desigual. Esto debido a las políticas implementadas en cada estado y calidad de vida de este; no es igual la educación de Nuevo León, impulsado y apoyado por la influencia estadounidense, y la de Baja California Sur, un estado más enfocado al turismo y dejando de lado apoyos educativos.

Para analizar el desarrollo social y la desigualdad de México hay que reconocer la complejidad de la tarea y estudiar las distintas variables, las cuales deben ser observadas. Estas variables son: desigualdad, pobreza, educación, producto interno bruto (PIB), remesas, gasto social e inversión privada. La variable de desigualdad, medida principalmente por el coeficiente del gasto social que se ejerce, muestra de una mejor manera la distribución de la riqueza social en cada zona del país, y en ella se nota la gran brecha desigualitaria que existe entre cada región, siendo la región norte de las más desiguales a pesar del gran avance industrial y tecnológico.

Otro análisis para destacar es que no son semejantes las remesas que entran a Tamaulipas, que las remesas entrantes a Tijuana, debido al grado o índice de migración. Según informes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) alrededor de 26 600 personas emigraron en 2020 de Baja California hacia otro país, mientras que en Tamaulipas la cifra es de 19 846. Analizando estas cifras uno pensaría que a Tamaulipas ingresan mayores remesas, pero ocurre lo contrario, debido al abandono y bajo apoyo con el que cuenta Baja California.

De la misma forma, una comparativa entre estados por mayor aportación al PIB no solo ayuda a ver el crecimiento de cada estado económicamente, sino también sirve como referencia para tomarlo como base y obtener el porcentaje en gasto social e inversión privada, pero tomando en consideración que el impulso separado de cada estado y su actividad principal varía. Mientras que Nuevo León y Chihuahua son estados industrializados, impulsados por la relación cercana con Estados Unidos, Baja California Sur apoya y genera gran parte gracias a su turismo y apoyo de las APIS ubicadas en él, de igual forma que Tamaulipas.

Por esta comparación, definir la pobreza no es un asunto trivial. El Banco Mundial definió la pobreza como la incapacidad de las personas para

alcanzar el nivel mínimo de vida. Otro punto que considerar es el alcance educacional que tiene cada estado. En Nuevo León se cuenta con un mayor índice o grado de egresados en niveles básico, medio y superior, comparado con Baja California Sur o Durango. A pesar de que la educación debe ser igualitaria y equitativa, se cuenta con un grave problema o mayor desigualdad entre estados, mientras que en un estado la educación es impulsada de forma importante y considerable, en otro se va dejando de lado o no se asignan los recursos necesarios. Y es que el grado de educación no está peleado con el nivel de pobreza de cada entidad, debido a que muchas personas deben dejar la escuela por la necesidad de trabajar.

Esta investigación se enfocará específicamente en la zona norte del país, abarcando los estados de Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas. Se eligen estas entidades dado el grado homogéneo que tienen en cuanto a su nivel económico. El objetivo del documento es analizar el comportamiento de desigualdad y pobreza en la región norte del país con respecto a la inversión privada que tiene cada estado, las remesas que entran cada año, el nivel de educación y el gasto social que se ejerce.

El presente documento se estructura en seis secciones. En la segunda sección se expone la revisión de la literatura, referente a las variables mencionadas en la introducción, relacionándolas una con otra. En la tercera sección se realiza un análisis descriptivo de la evolución de las variables utilizadas, mediante gráficos comparando entre sí diferentes años. En la cuarta sección se describen los datos y la metodología con que se trabajará. En la quinta sección se realiza un análisis econométrico. Finalmente se expondrán las conclusiones.

2. Revisión de literatura

En la actualidad se pueden encontrar varias investigaciones referentes a la desigualdad, pobreza, producto interno bruto (PIB), inversión privada, gasto social y educación, relacionando una y más variables para explicar el crecimiento no homogéneo del país y en algunos casos específicamente de cada estado mencionado.

Urciaga y Almendarez (2008) afirman que la educación es el factor más importante para mejorar los ingresos; los salarios están estrecha y directamente asociados con la escolaridad, entre más sea esta, mejores serán las percepciones. Estudiando la relación que existe entre salarios, educación y los rendimientos estimados en 10%, en el ámbito privado, generados por la escolaridad en los estados mexicanos de la frontera norte.

Unikel (1975) da un enfoque en el que en términos de territorio, el desarrollo socioeconómico no se lleva a cabo de manera sincrónica; ocurre con mayor intensidad en unos lugares que en otros, lo que genera desigualdades regionales. El fenómeno es global. En efecto, no hay país, industrializado o no, de economía mixta o planificada, que esté libre de disparidades regionales en términos de ingreso per cápita, nivel de vida de las personas y, en general, en la distribución de la riqueza nacional.

Por su parte Moreno *et al.* (2019) presentan un recorrido histórico del sistema educativo mexicano y sus distintos modelos para atender la diversidad lingüística y cultural del país, partiendo de las disparidades sociales, lingüísticas y económicas entre las tres grandes regiones de México para enfatizar que un modelo educativo homogéneo, ajeno a estas características, continúa reproduciendo la pobreza, el rezago social y educativo, así como la marginación.

García (2007) estudia el fenómeno de las ciudades fronterizas del norte de México, que dentro de la actual expresión globalizadora, tiene un desempeño único por la situación de las localidades, su volumen poblacional y su funcionalidad en la economía. Asimismo establece el concepto de nomenclatura funcional de la ocupación de espacios territoriales compartidos y seleccionados de fronteras internacionales.

Canales (2008) examina el impacto de las remesas enviadas por trabajadores mexicanos en Estados Unidos a sus familiares en México, que pasaron de 6.5 mil millones de dólares a 23 millones de dólares, señalando y analizando las consecuencias que podría traer con ello, así como los datos del Banco de México del incremento de migración, siendo un factor muy importante que genera dichos flujos de remesas.

En su estudio Pardo y Dávila (2021) analizan el vínculo entre las remesas en México y la desigualdad a nivel de ciudad en 2015. Se realizó un es-

tudio cuantitativo, descriptivo y transversal con información de la encuesta de pasantías 2015 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Se estimó una regresión cuantitativa para analizar la relación entre el recibo de remesas y la desigualdad de ingresos a nivel de ciudad. La recepción de remesas se asocia con la desigualdad de ingresos, luego de controlar por el efecto de diferentes características de las ciudades autónomas. Esto probablemente se deba a que los inmigrantes no son necesariamente de los entornos más desfavorecidos, lo que crea una diferencia social en la comunidad entre quienes pueden migrar y quienes no.

Woldenberg (2019) por su parte analiza en su estudio “La desigualdad en México” el sello más longevo, permanente y fundamental que marca a la sociedad mexicana y le da su textura, que es el de la desigualdad. Una desigualdad tan grande que difícilmente se podría hablar de una sociedad integrada.

Siguiendo el análisis de las remesas, Jusidman (2009) en su investigación dice que México es uno de los países más desiguales de América Latina, aunque en los últimos años ha habido cierta mejora en la distribución del ingreso, principalmente relacionada con las remesas y la diversificación de actividades en las zonas rurales. La desigualdad en México es un fenómeno complejo y multifuncional, que se asocia y afecta a la discriminación por razón de moralidad, género y lugar de residencia.

Por su parte, Székely (2005) muestra que la pobreza y la desigualdad en México no han disminuido en las últimas décadas. Los niveles de estas dos variables eran prácticamente iguales en 2002 y 1984. Pero esto no significa que la pobreza y la desigualdad se mantendrán constantes. Por el contrario, hemos visto subidas y bajadas significativas durante el periodo, lo que indica que se han compensado.

Ortiz y Ríos (2013) estudian el tema mediante el análisis de la pobreza en México utilizando un enfoque multidimensional, con un enfoque alternativo de los índices de pobreza unidimensional; este enfoque contempla el conjunto de variables con una determinada ponderación.

Osorio *et al.* (2021) examinan los rendimientos del capital humano de las microempresas en la frontera norte de México, al analizar el nivel de escolaridad alcanzado por el microempresario encargado de la unidad productiva. Analizando datos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo

del año 2010 al 2019. Los resultados sugieren que niveles de educación básica no son suficientes para alcanzar ingresos monetarios altos de las microempresas, incluso sus tasas son negativas, generando pérdidas de manera sistemática.

Mendoza (2021) estudia y analiza los factores que han impactado el mercado de trabajo y el empleo en los estados de la frontera norte y las principales ciudades de esa región. Se relaciona el patrón del crecimiento económico seguido por la economía mexicana con el mercado laboral de la región. Se destacan las políticas de empleo nacional y en la región de la frontera norte en los últimos años y se analizan sus ventajas y limitaciones.

Martínez *et al.* (2019) presentan un trabajo analizando la relación entre gasto social y pobreza en la experiencia mexicana, a la vez que identifican cuánto se gasta y en qué se gasta, particularmente para el periodo que va de 2000 a 2018. Más concretamente buscan determinar el alcance y la efectividad del gasto social dentro del combate a la pobreza en el país, enmarcando tal discusión en torno a las políticas de austeridad implementadas en los últimos años. Para ello se revisan tres diferentes tipos de gasto: 1) el presupuesto destinado a los programas sociales Oportunidades / Prospera; 2) el gasto programable en su clasificación funcional de desarrollo social; y 3) el denominado gasto para la superación de la pobreza.

Moreno (2015) estudia conceptos como política social o ciclos económicos, siendo el objeto de estudio, que tiene como eje central el análisis de las políticas públicas del gobierno del presidente Felipe Calderón y el gasto social asignado en los presupuestos federales de 2009 y 2010.

Correa (2015) analiza los efectos de los flujos globales sobre la desigualdad socioeconómica en los cuatro estados mexicanos que tienen frontera con Texas: Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila y Chihuahua. En particular, se analizan los efectos de la migración, el comercio transfronterizo, la extracción y venta de energéticos y el crimen organizado transnacional. Los resultados de la presente investigación muestran claramente mayores niveles de desigualdad en los municipios de mayor dinamismo económico y presencia de estos flujos globales—formales, informales o ilícitos.

Llamas *et al.* (2019) analizan los salarios y su desigualdad en México, por regiones y grupo de trabajadores. Considerando el enfoque teórico

de bienestar social Cowell (2011) indaga en la variación de la desigualdad salarial en función de distintos valores de juicio ético que asignamos en la distribución. Gutiérrez (2018) en su estudio analiza cómo la frontera norte de México ha jugado un papel estratégico en el desarrollo nacional. A partir de la implementación del Programa de Industrialización Fronteriza, cuyo eje fue la Industria Maquiladora de Exportación, las ciudades de esta región experimentaron una transformación socio-económica radical y varias de ellas se convirtieron en las más dinámicas del país.

Tomando como referencia las investigaciones mencionadas anteriormente analizará el caso de la Zona Norte de México, revisando la desigualdad de cada variable mencionada en la introducción.

3. Análisis de datos

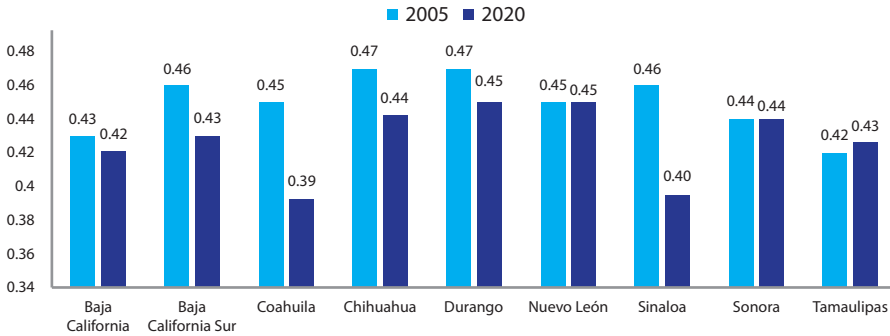
En esta investigación las variables que se usan son: desigualdad (medida por el coeficiente de GINI¹), nivel de pobreza, producto interno bruto (PIB), gasto social, remesas y nivel de educación. Cada variable será explicada de manera precisa, comparando el cambio o comportamiento a través del tiempo, en cada estado, y se dará un análisis señalando por qué dicho cambio.

3.1. Desigualdad

El indicador más utilizado y aceptado para cuantificar los niveles de desigualdad de ingresos es el coeficiente de concentración de GINI, que toma valores entre 0, cuando existe completa igualdad en la distribución del ingreso, y 1, en caso de completa desigualdad (Lizárraga, 2013). Datos de la CEPAL muestran una tendencia a la baja en la desigualdad medida por el indicador. En la gráfica 3.1 se realizó un comparativo de la desigualdad en cada estado comparando el año 2005 con el 2020.

¹ El coeficiente de GINI se deriva de la curva de Lorenz calculado a través de proporciones de las áreas de dicho diagrama.

Gráfica 3.1. Evolución de desigualdad en la región norte de México



Fuente: Elaboración propia con datos de la Semarnat, 2022.

Se puede notar que el coeficiente de GINI en la mayoría de los estados ha disminuido significativamente desde el año 2005 hasta el año 2020, siendo Nuevo León, Sonora y Tamaulipas la excepción. En el caso de Nuevo León ha sido de los estados con mayor desigualdad que existe en el país. Una nota de vanguardia nos explica que hay una brecha salarial enorme, el 10% de su población más rica gana alrededor de 33.5 veces lo que el 10% de la población más pobre. Pero algo que cabe destacar es que Nuevo León es de los estados con menor índice de pobreza en la región norte.

Sonora cuenta con un problema de desigualdad por parte de las madres asalariadas. Una encuesta del INEGI revela que 69.4% de asalariadas tan solo el 49.4% de ellas cuenta con seguridad social. Tamaulipas presenta el mismo problema de desigualdad debido a la diferencial salarial con la que se cuenta, la distribución de salarios no es justa o equitativa, ya que dos personas que tienen el mismo nivel de estudios pueden tener un salario que varíe hasta 10 veces más. Además de que la urbanización económica solo ha sido concentrada en las partes más turísticas del estado.

3.2. Pobreza

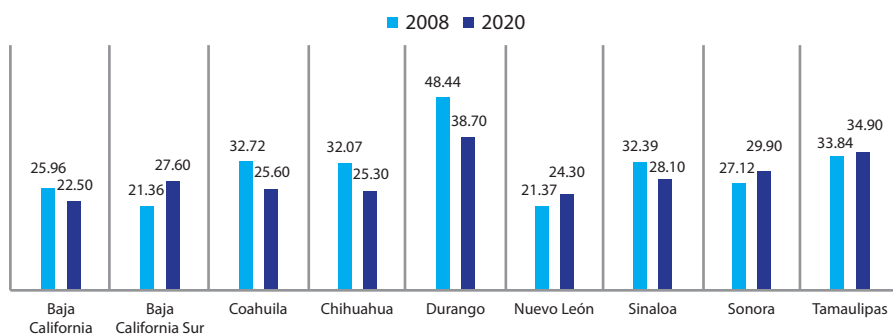
Fures y Mancero (2001) identifican 11 posibles formas de interpretar pobreza: necesidad, estándar de vida, insuficiencia de recursos, carencia de seguridad básica, falta de titularidades, privación múltiple, exclusión, desigualdad, clase, dependencia y padecimiento inaceptable. Morales (2005) la

entiende como la carencia de recursos familiares que aseguren la satisfacción de las necesidades básicas o la insuficiencia de recursos públicos destinados a financiar el gasto social.

Teniendo en consideración lo anterior, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval) toma como referencia el porcentaje de pobreza por población inferior a la línea de ingresos necesarios para satisfacer necesidades básicas y carencias sociales.

Dicho lo anterior, en la gráfica 3.2 se hace un análisis comparativo entre el año 2008 y 2020 de la pobreza de cada entidad federativa.

Gráfica 3.2. Evolución del porcentaje de pobreza en la región norte de México



Fuente: Elaboración propia con datos del CONEVAL, 2022.

Como se mencionó en el coeficiente de GINI, Nuevo León, al igual que Baja California, es de los estados de la región que menor porcentaje de pobreza tienen, aunque es importante notar que del 2005 al 2020 en Baja California este porcentaje disminuyó, mientras que en Nuevo León aumentó comparado con el año 2005. Este efecto se explica debido al Covid, y al sector informal, que es donde labora gran parte de la población de bajos recursos, yendo a la baja, en donde implicó una mayor pobreza.

De igual forma, Baja California Sur y Tamaulipas aumentaron su nivel de pobreza por casos similares que Nuevo León; por culpa del Covid el sector informal cayó y el sector turista se vino a la baja, creando carencia social para la mayor parte de la población. Durango demostró una gran disminución del porcentaje de pobreza por el cual atravesaba la población

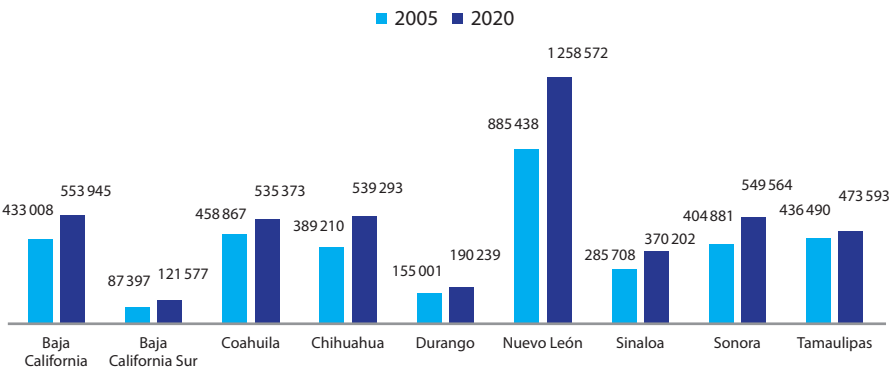
del estado, siendo casi el 50% de ella, la cual disminuyó hasta 38.70, gracias a las maquiladoras e incentivos que se comenzaron a dar y la inversión proveniente de Arizona hacia el país.

3.3. Producto interno bruto

El producto interno bruto (PIB) es la suma de los valores del mercado de todos los servicios y bienes finales producidos por los recursos (capital y trabajo) de la economía que residen en el país (Heath, 2012). Los bienes finales significan los que se generan para consumo final y no intermediarios para el uso de otro bien final. El PIB comprende los bienes y servicios producidos en los tres sectores de economía (agrícola, industrial y servicios), pero de igual forma cabe destacar que la economía informal no está incluida del todo en el cálculo del PIB.

El PIB es importante porque proporciona información sobre el tamaño de una economía y cómo se desempeña (Callen, 2008). Teniendo estas consideraciones, en la gráfica 3.3 analizaremos el comportamiento del PIB por cada entidad federativa de la región norte, y se realizará un análisis.

Gráfica 3.3. Evolución del producto interno bruto en la región norte del país (millones de pesos)



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

Se puede notar que en la mayoría de los estados el PIB tuvo un impacto positivo, y creció comparativamente con el año 2005. Cada estado tuvo una mayor aportación al PIB, siendo nuevamente Nuevo León uno de los estados

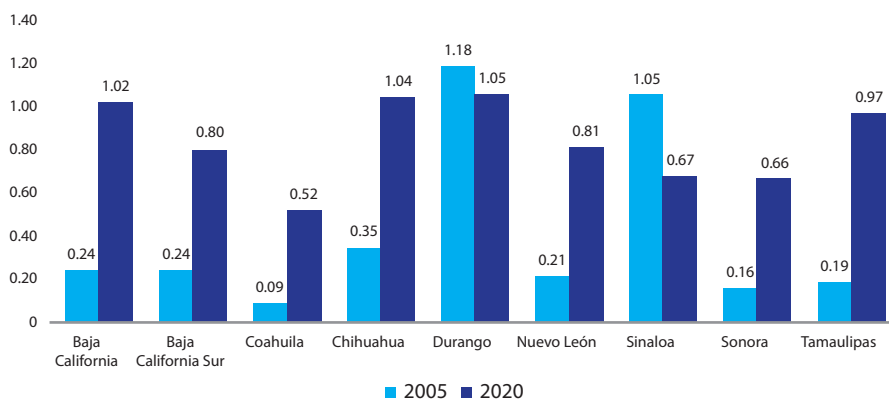
que mayor aportación hizo. Como dato adicional, el estado de Nuevo León, desde hace algunos años ha querido independizarse de México debido a la cantidad de PIB que aporta.

3.4. Inversión Privada

Existen diferentes tipos de inversión privada. La inversión privada nacional y la inversión privada extranjera. La primera es la inversión proveniente de personas dentro del país. La inversión privada extranjera es la que llega al país del extranjero. La inversión es uno de los elementos clave para que el desarrollo de un país sea sustentable en el tiempo, ya que esta genera trabajo, tecnología y producción, impulsando un círculo virtuoso de desarrollo. (Brito e Iglesias, 2017).

Con el fin de entender cómo ha evolucionado la inversión durante el pasar de años, se muestra en la gráfica 3.4 el comportamiento de esta variable.

Gráfica 3.4. Porcentaje de inversión privada con respecto al PIB de la región Norte de México



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

El comportamiento de la variable para cada estado es interesante, debido a que en algunos hay un incremento, mientras que en otros hay una baja, o como en Baja California, donde es igual comparando los años y casos como los de Durango y Sinaloa, donde la inversión privada en lugar de

aumentar disminuyó respectivamente. Pero en todos los demás la inversión tuvo una gran aportación, como en Baja California Sur, Chihuahua, Nuevo León o Tamaulipas.

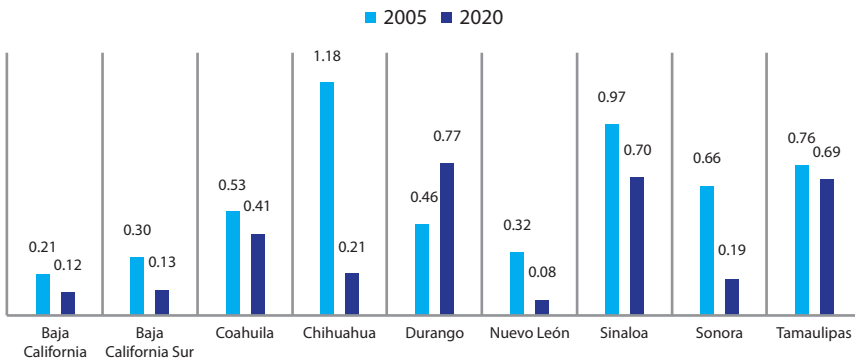
3.5. Gasto social

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el gasto social es la “provisión de beneficios y contribuciones financieras, por parte de instituciones tanto públicas como privadas, a comunidades e individuos con el fin de brindar apoyo en tiempos de adversidad que afecten su bienestar (Alvarado, 2008).

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo define el gasto social de dos maneras: “el gasto social es un subconjunto del gasto público que agrupa determinados recursos que el Estado destina directamente para atender el desarrollo y el bienestar de su población” y “el gasto social es un medio, una herramienta para reducir la pobreza, elevar el nivel de vida y, en general, mejorar el desarrollo humano”.

En la gráfica 3.5 se analiza cómo ha evolucionado la variable del gasto social en las entidades de la región del norte de México.

Gráfica 3.5. Evolución porcentaje de gasto social con respecto al PIB de la región norte de México



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

El gasto social es una variable interesante de analizar, ya que cada estado contaba con una buena aportación por parte del gobierno en 2005,

pero para 2020 solo en Durango dicha aportación aumentó, mientras que en todos los demás estados de la región la aportación gubernamental disminuyó de manera considerable, como es el caso de Chihuahua, mientras que en otros fue casi nula la disminución, como en Baja California o Tamaulipas.

Un caso particular que destaca mucho es Sonora, ya que su inversión privada disminuyó, y es que los gobernadores han dejado de aportar e incentivar la inversión, dejando de lado temas educacionales, infraestructura o programas sociales que ayuden a la disminución de la pobreza o desigualdad.

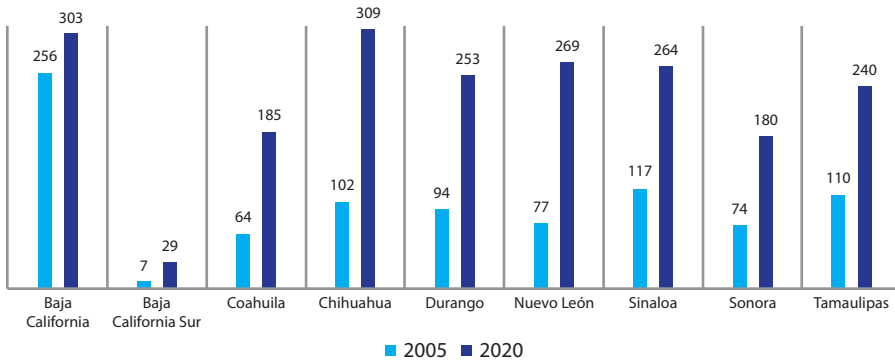
3.6. Remesas

Binford (2006) analiza las dos grandes vertientes en relación con el impacto que tienen las remesas, la funcionalista y la histórico-estructuralista. La primera supone que las remesas tienen la facultad de reducir la pobreza y la desigualdad del ingreso y ayudan a estabilizar económicamente a las familias. Como se destinan a gastos básicos como alimentación, educación, salud y vivienda, finalmente significan mayor bienestar para las familias y tiene un efecto multiplicador para la economía del país.

La visión histórico-estructuralista considera, por el contrario, que la emigración tiene un efecto negativo en la economía y en la estructura social de las comunidades de origen.

Aragón *et al.* (2008) menciona que los problemas que enfrentan estas comunidades es que llegan a depender de las remesas, por lo que se genera una mayor emigración en la medida en que solo las remesas permiten mantener el nivel de vida ante la falta de alternativas que pudieran sustituirlas. De acuerdo con esta visión, las remesas familiares tienen muy poca posibilidad para iniciar el desarrollo puesto que se emplean en educación básica, mantenimiento de las familias, salud, construcción de viviendas, inversiones productivas, etcétera, lo cual no genera empleos, y los limitados proyectos productivos tienen un escaso beneficio. En la gráfica 3.6 se observa el comportamiento de la variable remesas a través del tiempo y su impacto en los estados del norte de México.

Gráfica 3.6. Cantidad de remesas que entraron a la región norte (millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia con datos de Banxico, 2020.

En todos y cada uno de los estados las remesas entrantes han aumentado de manera exponencial, aunque a diferencia de los demás, las remesas de Baja California Sur no aumentaron tanto comparadas con el año 2005.

Esto nos habla o indica un mayor número de migración de la región norte hacia los Estados Unidos y Canadá.

4. Datos y metodología

Para la estimación de los modelos se consideran las variables: PIB, tomado del INEGI, con una serie desestacionalizada a precios de 2013 el coeficiente de GINI, obtenido por la CEPAL; porcentaje de pobreza sacado del Coneval; la inversión privada junto con el gasto social se obtuvo en el INEGI; las remesas fueron tomadas a través del Sistema de Información Económica (SIE) de Banxico y la escolaridad a través de los informes anuales de la Secretaría de Educación Pública (SEP) por niveles educativos, donde se toma en consideración la educación preescolar, primaria y secundaria como básica, preparatoria como medio superior y universidad junto con posgrado como nivel superior. Se considera un periodo comprendido de 2005 a 2020.

El modelo que se utiliza es un modelo de datos panel. Según Stock y Watson (2012) los datos panel consisten en observaciones sobre las mismas

n entidades individuales para dos o más periodos de tiempo T . Si el conjunto de datos consta de las observaciones sobre las variables X e Y . Cuando se describen datos de sección cruzada resulta útil utilizar un subíndice para expresar el individuo o entidad individual; por ejemplo, Y_i se refiere a la variable Y para la i -ésima entidad individual. Cuando se describen los datos de panel, se necesita una notación adicional para realizar un seguimiento tanto de la entidad individual como del periodo de tiempo. Esto se hace mediante dos subíndices en lugar de uno: el primero, i , se refiere a la entidad individual, y el segundo, t , se refiere al periodo de tiempo de la observación. Por lo tanto, Y_{it} expresa la variable Y observada para la i -ésima de las n entidades individuales en el t -ésimo de los T periodos. Entonces el modelo se expresa de la siguiente forma:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + X_{it}\beta + u_{it}$$

con $i = 1, \dots, N$; $t = 1, \dots, T$, donde i se refiere al individuo o a la unidad de estudio (corte transversal), t a la dimensión en el tiempo, α es un vector de intercepto de n parámetros, β es un vector de K parámetros y X_{it} es la i -ésima observación al momento t para las K variables explicativas. En este caso, la muestra total de las observaciones en el modelo vendría dado por $N \times T$.

Wooldrige (2010) comenta que los conjuntos de datos de panel son muy útiles para el análisis de políticas, en particular para la evaluación de programas. Con los datos de panel se cuenta con una ventaja potencialmente importante: es posible diferenciar y en el tiempo para las mismas unidades de corte transversal. Esto permite controlar los efectos específicos de la persona, empresa o ciudad.

La metodología de datos panel consta de tres modelos: datos agrupados, modelo propiamente antes descrito. Regresión de efectos fijos: que permite tener en cuenta las variables omitidas en datos de panel cuando las variables omitidas varían entre las distintas entidades individuales (estados), pero no cambian en el tiempo. Regresión de efectos aleatorios: se considera que el efecto inobservable no se correlaciona con ninguna variable explicativa.

5. Modelo y análisis de resultados

Para el análisis de las variables desigualdad y pobreza se establecen seis modelos de regresión. Para cada modelo se espera como hipótesis que: las variables explicativas tengan una relación negativa con las variables dependientes, las cuales son la desigualdad (Coeficiente de GINI) y porcentaje de pobreza. Los modelos son expresados de la siguiente forma:

Para desigualdad:

$$GINI_{it} = \beta_0 + \beta_1 PIB_{it} + \beta_2 INV_{it} + \beta_2 GAS_{it} + \beta_3 REM_{it} + \beta_4 BASIC_{it} + u_{it} \dots (1)$$

$$GINI_{it} = \beta_0 + \beta_1 PIB_{it} + \beta_2 INV_{it} + \beta_2 GAS_{it} + \beta_3 REM_{it} + \beta_4 BASIC_{it} + u_{it} \dots (2)$$

$$GINI_{it} = \beta_0 + \beta_1 PIB_{it} + \beta_2 INV_{it} + \beta_2 GAS_{it} + \beta_3 REM_{it} + \beta_4 BASIC_{it} + u_{it} \dots (3)$$

Para pobreza:

$$Pobreza_{it} = \mu PIB_{it} + \mu_2 INV_{it} + \mu_2 GAS_{it} + \mu_3 REM_{it} + \mu_4 BASIC_{it} + u_{it} \dots (4)$$

$$Pobreza_{it} = \mu PIB_{it} + \mu_2 INV_{it} + \mu_2 GAS_{it} + \mu_3 REM_{it} + \mu_4 BASIC_{it} + u_{it} \dots (5)$$

$$Pobreza_{it} = \mu PIB_{it} + \mu_2 INV_{it} + \mu_2 GAS_{it} + \mu_3 REM_{it} + \mu_4 BASIC_{it} + u_{it} \dots (6)$$

Donde:

PIB: producto interno bruto

INV: inversión privada

GAS: gasto social

REM: remesas

BASIC: educación básica

MED: educación media

SUP: Educación superior

u_{it} : Término de error

Con entidad "i" y "t" tiempo

Se realizaron tres estimaciones por cada modelo de datos panel, siendo en total 18 modelos, tres por cada variable de educación (básica, media y superior), los modelos fueron: mínimos cuadrados ordinarios (MCO), efec-

tos fijos (MEF) y efectos aleatorios (MEA). Y realizando las pruebas correspondientes se determinó el mejor modelo a seguir o el que mejor se ajustaba a la necesidad del trabajo.

En el cuadro 3.1 se reflejan los resultados de modelos 1, 2 y 3, siendo la desigualdad nuestra variable dependiente y las variables independientes son las antes mencionadas.

Cuadro 3.1. Resultados de la estimación del modelo. Variable dependiente: desigualdad

| Variable Independiente | Modelo 1 MEF | Modelo 2 MEA | Modelo 3 MEA |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| PIB | .0540531 0.211 | .0138376 0.140 | .0110614 0.282 |
| Inversión privada | -.000208 0.981 | -.0107033 0.166 | -.0116252 0.144 |
| Gasto social | -.0136769 0.004 | -.0041936 0.322 | -.0043777 0.311 |
| Remesas | -.059456 0.000 | -.0219951 0.001 | -.0176559 0.005 |
| Educación básica | .012851 0.227 | | |
| Educación media | | .0283534 0.003 | |
| Educación superior | | | .0213484 0.016 |
| Constante | -.0274796 0.955 | .1694399 0.067 | .2784114 0.001 |
| F (p-value) | 0.0007 | | |
| LM (p-value) | | | |
| Hausman (p-value) | -36.06 0.4129 | 0.6057 0.2918 | 0.0331 0.2747 |
| Observaciones | 72 | 72 | 72 |

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro 3.1, del modelo 1 se tomó la mejor estimación, que fue el modelo de efectos fijos y sus resultados muestran que las variables gasto social y remesas son estadísticamente significativa y con signo negativo, esto nos indica que conforme aumenta el gasto social y remesas la desigualdad disminuye o se reduce. En este caso por cada 1% que aumenta el gasto social la desigualdad disminuye en 0.0136 puntos, mientras que por cada 1% que aumentan las remesas la desigualdad se reduce en 0.0594 puntos. Por su parte, el PIB, inversión privada, y educación básica no son estadísticamente significativas.

En el modelo 2 su mejor estimación fue por efectos aleatorios y los resultados muestran a las variables remesas y educación media como altamente significativas, ambas con un nivel de confianza a 95%. Las remesas con signo negativo indican que por cada 1% que aumentan ayudan a disminuir la desigualdad en 0.0219 puntos. Pero la educación nos muestra un signo positivo, por cada 1% que aumenta la educación media en el estado la desigualdad sube en 0.0283 puntos. Dejando las variables gasto social, inversión privada y PIB de lado, debido a que no son significativas.

Los resultados del modelo 3 por efectos aleatorios muestran a las mismas variables que en el modelo 2 significativas, las cuales son remesas y cambiando a educación superior, con un nivel de confianza de 95%. Las remesas tienen signo negativo, que es lo esperado, pero la educación vuelve a tener un signo positivo, por ende, en la variable remesas muestra que por cada 1% que aumentan, la desigualdad disminuye en 0.0176 puntos, pero por cada 1% que aumenta la educación, la desigualdad sube en 0.0213 puntos. Por su parte, el PIB, inversión privada y el gasto social no son estadísticamente significativas.

La explicación o motivo del porqué el signo en la variable de educación es positivo en los tres modelos se debe a que en la mayoría de los casos mientras más estudios se tengan, se puede aspirar a conseguir un mejor empleo con mejores pagas, y aspirando a mejores condiciones de vida, pero la educación muchas veces no llega para todos o no todos tienen las mismas condiciones para adquirirla, un caso es Nuevo León en comparación con Tamaulipas que tiene una mejor infraestructura en escuelas y nivel educativo de mejor calidad.

En el único modelo donde la educación no fue significativa fue en el modelo 1, refiriéndose a la educación básica. Como se recordará la educación básica se considera hasta la secundaria y esto en la actualidad no ayuda a combatir la desigualdad, al contrario, genera mayor desigualdad, debido a que la mayoría de los empleos piden un mínimo requerimiento de educación media para poder obtener el puesto solicitado.

También algo a notar es que en los tres modelos anteriormente expresados, las variables de PIB e inversión privada no salieron estadísticamente significativas, esto se debe a que muchas veces en el caso de la inversión (a pesar de contar con signo negativo) no va distribuida alrededor de todo el estado,

sino solo se concentra específicamente en el sector que mayor economía mueve o mayor ganancia podría dejar, por ejemplo, toda la inversión para Nuevo León suele concentrarse en Monterrey y de ahí a San Pedro Garza, dejando de lado los demás estados; otro ejemplo es Baja California Sur, donde la mayoría de la inversión se concentra solo en los municipios con playas turísticas, de igual forma Chihuahua, concentrándose solo la inversión en la frontera del estado.

Esto provoca que el PIB se vuelva no significativo, ya que en primer lugar los estados no compiten de igual forma, o dicho de otro modo, no aportan lo mismo a la economía y esto genera que la distribución no sea equitativa, y en segunda porque justamente esos pequeños municipios donde se concentra la inversión son los que más PIB aportan y esto genera desigualdad, por ende, su signo positivo.

En el cuadro 3.2 se muestran los resultados de los modelos 4, 5 y 6, donde la variable dependiente es ahora la pobreza y las variables independientes son las mismas que en los modelos anteriores.

Cuadro 3.2. Resultados de la estimación del modelo. Variable dependiente: pobreza

| <i>Variable Independiente</i> | <i>Modelo 4 MEF</i> | <i>Modelo 5 MEF</i> | <i>Modelo 6 MEF</i> |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| PIB | -19.55698 0.010 | -20.10661 0.011 | -20.03629 0.012 |
| Inversión privada | 2.812259 0.071 | 2.772041 0.077 | 2.77951 0.076 |
| Gasto social | -1.096109 0.167 | -1.086742 0.171 | -1.091056 0.169 |
| Remesas | -7.147968 0.002 | -7.076201 0.002 | -7.099658 0.002 |
| Educación básica | -0.2338288 0.898 | | |
| Educación media | | .3655574 0.870 | |
| Educación superior | | | .2549435 0.900 |
| Constante | 306.4384 0.001 | 306.1772 0.001 | 306.6779 0.001 |
| F (p-value) | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| LM (p-value) | | | |
| Hausman (p-value) | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 0.4462 | 0.4463 | 0.4462 |
| Observaciones | 72 | 72 | 72 |

Fuente: Elaboración propia.

Como se ve en el cuadro 3.2, en el modelo 4 el mejor modelo fue por el método de efectos fijos, arrojando a la variable PIB y remesas como estadísticamente significativas al nivel de confianza de 95% y la variable inversión privada con estadísticamente significativo, pero con nivel de confianza de 90%. La variable PIB muestra un signo negativo indicando que por cada 1% que aumenta el PIB, la pobreza tiende a disminuir en 19.55 puntos. Las remesas de igual forma son negativas reflejando que por cada 1% que aumentan, la pobreza baja en 7.14 puntos. Por su parte, inversión privada cuenta con signo positivo, y dice que por cada 1% que sube, la pobreza aumenta en 2.81 puntos, dejando la variable de gasto social y educación básica estadísticamente no significativas.

Para el modelo 5 se tomó la estimación por medio de efectos fijos, reflejando las variables PIB y remesas como altamente significativas, con signo negativo, y la variable de inversión privada estadísticamente significativas, pero con un nivel de confianza al 90%, con signo positivo, reflejando que por cada 1% que aumenta el PIB la pobreza tiende a disminuir en 20.10 puntos y por cada 1% que aumentan las remesas la pobreza baja en 7.07 puntos. Mientras que para la inversión por cada 1% que sube, la pobreza aumenta en 2.77 puntos. Por su parte, las variables de gasto social y educación media no son significativas.

Por último, en el modelo 6, de igual forma que en los dos anteriores, el mejor modelo fue el de efectos fijos, y del mismo modo las variables estadísticamente significativas son el PIB y las remesas con 95% de confianza y la inversión privada con un 90% de confianza. Por cada 1% que incrementa el PIB la pobreza disminuye en 20.03 puntos. Para las remesas por cada 1% que aumentan la pobreza disminuye en 7.09 puntos, y por cada 1% que sube la inversión privada la pobreza aumenta en 7.09 puntos. Mientras que las variables no significativas son el gasto social y la educación superior.

Algo a notar en los tres modelos es que la variable de inversión sigue siendo positiva, y es que se retoma el punto anteriormente dicho en los primeros tres modelos, muchas inversiones no llegan a todo el estado, solo son reflejadas en los municipios de mayor relevancia para el estado.

Otro caso por notar es la variable de gasto social, la cual bajo los modelos tiene signo negativo, que nos indica que ayuda a disminuir la pobreza,

pero no es estadísticamente significativo, y esto se puede deber a que muchas veces ese gasto no va dirigido de forma equitativa a la mayor parte de municipios, sino que pasa algo similar que con la inversión, solo se manda a los lugares estratégicos o con mayor aportación económica o muchas veces los presupuestos no van encaminados a los proyectos que son necesarios.

Y para concluir los modelos, la variable de educación de igual forma sigue sin ser significativa y con signo positivo, y es que la explicación sigue encaminada al mismo discurso, bajo las leyes por las cuales se rige el país, una buena educación muchas veces no te garantiza un buen empleo o mejores condiciones de vida, y esto se puede ver reflejado en la mayoría de los profesionistas que consiguen empleos a bajos salarios, debido a la necesidad de satisfacer sus necesidades básicas. También se puede dar el caso donde la gente abandone la escuela por falta de recursos o infraestructuras decentes y esto provoque que trabaje en peores condiciones.

6. Conclusiones

El principal objetivo del trabajo fue analizar la relación y comportamiento de la desigualdad y pobreza con respecto a las variables PIB, gasto social, inversión privada y educación que se tienen en la región norte de México. Para tal propósito, se realizó una revisión de literatura sobre la desigualdad o pobreza en relación con las variables, exponiendo la situación por las que atraviesa los estados de la región, mediante revisión de datos estadísticos. Se elaboraron gráficas comparativas para exponer la situación por la cual cada estado fue atravesando a lo largo del tiempo estudiado y una breve explicación del motivo por el cual cada entidad llegó hasta esos niveles tanto positivos como negativos. Adicional a ello se realizaron seis modelos econométricos para comprobar la relación de cada variable.

Los modelos econométricos estimados reflejan la relación que existe entre la pobreza y desigualdad con las variables explicativas. Se elaboró bajo la metodología de datos panel, con los métodos de mínimos cuadrados ordinarios, efectos aleatorios y efectos fijos; para determinar qué modelos se ajustaban mejor, se realizaron diferentes pruebas y se concluyó uno para

cada regresión. En la mayoría de los modelos al realizar las estimaciones donde la variable dependiente es la desigualdad, el resultado fue que las variables gasto social, remesas, educación son estadísticamente significativas y con signo negativo, que es como se espera en la teoría, ya que al aumentar dichas variables la desigualdad tiende a disminuir, pero la educación salió positiva, porque a mayor nivel escolar mayor ingreso, provocando una desigualdad.

En los modelos donde la variable dependiente es la pobreza, los resultados indicaron que las variables PIB y remesas fueron estadísticamente significativas, muestran que un aumento en el nivel de las remesas trae consigo efectos positivos en la reducción de pobreza, pero en cuestiones de la variable PIB trae efectos negativos, aumentando la pobreza. Las remesas resultaron determinantes para todos los modelos realizados, y es que la migración es un efecto que va al alza en todo momento, justamente con la intención de reducir su desigualdad o pobreza en la que se encuentran localizados. Salen con el sueño de poder progresar y ayudar a su familia a salir adelante.

En cuestiones de la variable educación, los resultados muestran que la educación no ayuda a combatir la problemática, esto podría ser debido al modelo en el que se vive, donde todos tienen el alcance de estudiar pero lamentablemente se ven afectados por las condiciones en las que viven y muchas veces prefieren dejar de estudiar y salir a trabajar y dejar inconclusos sus estudios, provocando que las personas que logran una mayor educación tengan la posibilidad de alcanzar mejores salarios y puestos de trabajo.

Por su parte, con respecto a la inversión privada que se genera, los resultados no fueron estadísticamente significativos, esto podía ser porque la inversión no llega a todas las regiones, se concentra o enfoca solo en ciertos municipios, provocando así solo crecimiento y concentración de riqueza en un solo lado. Por ello se deberían de hacer mejores estudios de mercado y tratar de llegar con esta inversión a la gran parte de regiones para impulsarlas, ya que al haber mejores tecnologías obligas a las personas a estudiar y prepararse y de esa forma tener una equidad y mismas condiciones para trabajar, estudiar y ganar un buen salario.

De igual forma se necesita una mejor distribución del gasto social, y es por ello por lo que solo sale significativa en un modelo. Debido a la mala distribución, no llega a todas las regiones, provocando un deterioro en la

educación al no haber una mejor infraestructura. Esto también provoca que la mayoría de los inversionistas no se anime a poner su capital en esas regiones por la pésima infraestructura o lo abandonadas que se encuentran.

Bibliografía

- Alvarado Baena, L. (2008). El gasto social en México. Transparencia en el presupuesto social, vol. 2. Fundación IDEA, México.
- Aragónés, A. M., Salgado, U., y Ríos, E. (2008). ¿A quién benefician las remesas? Revista de Economía UNAM. Vol. 5, núm. 14. Ciudad de México. Consultado en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X200800020002.
- Binford, L. (2006). Remesas y el (sub)desarrollo en México. Ponencia presentada en el XXVII Coloquio de Antropología Social e Historia Regionales. Desde los colores del Maíz, México.
- Brito-Gaona, L., e Iglesias, E. (2017). Inversión privada, gasto público y presión tributaria en América Latina. Revista *Estudios de Economía*. Vol. 44, núm. 2, 131-156. Consultado en <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ede/v44n2/0718-5286-ede-44-02-00131.pdf>.
- Callen, Tim (2008). ¿Qué es el producto?, Revista *Finanzas y Desarrollo*. Vol. 45, núm. 4, 48-49. Consultado en <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2008/12/pdf/fd1208s.pdf>.
- Canales, A. I. (2008). Las cifras sobre remesas en México. ¿Son creíbles? Migraciones Internacionales. Vol. 4, núm. 4. Universidad de Guadalajara, México. Consultado en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-8906200800200001.
- Correa-Cabrera, G. (2015). Desigualdades y flujos globales en la frontera noreste de México: los efectos de la migración, el comercio, energéticos y crimen organizado transnacional. *Canadian Journal of Latin American & Caribbean Studies*, 40(3), 326-350. Consultado en <https://doi.org/10.1080/08263663.2015.1074853>.
- Cowell, F. (2011). "Modelling inequality", en *Measuring inequality*. Oxford University Press, pp. 87-92.
- Ethos, fundación (2008). Serie: El Gasto Social en México. Las Dimensiones del Gasto Social Vol. 1. Fundación IDEA, México.
- Fures, J. C., Mancero, X. (2001). Enfoques para la medición de la pobreza. Breve revisión de la literatura. Serie Estudios Estadísticos y Prospectivos. Núm. 4. CEPAL, División de Estadística y Proyecciones Económicas, Santiago de Chile.
- García Amaral, M. L. (2007). Ciudades fronterizas del Norte de Mexico. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. Consultado en <https://link.gale.com/apps/doc/A237735004/IFME?u=anon~fe84f498&sid=googleScholar&xid=d8b78674>.
- Gutiérrez Casas, L. E. (2018). Los límites del crecimiento económico en la frontera nor-

- te de México. (Spanish). *Estudios Regionales en Economía, Población y Desarrollo*, 48, 1-28. Consultado en <https://doi.org/10.20983/epd.2018.48.1>.
- Heath, Jonathan (2012). Lo que indican los indicadores. Cómo utilizar la información estadística para entender la realidad económica de México. INEGI, México.
- Jusidman, C. (2009). Desigualdad y política social en México. *Nueva Sociedad*, núm. 220, pp. 190-206. Consultado en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3987917>.
- Lizárraga Mollinedo, C. (2013). El índice de Gini: La desigualdad a la palestra. *eXtoikos*, núm. 10, pp. 67-70. Consultado en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4690524>
- Llamas Rembao, L. I., Huesca Reynoso, L., y Gutiérrez Flores, L. (2019). Desigualdad y justicia en la remuneración por género en México y la frontera norte. *Análisis Económico*, 34(86), 91-112. Consultado en <https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2019v34n86/llamas>.
- López Pardo, C. M. (2007). Concepto y medición de la pobreza. *Revista Cubana de Salud Pública*. Vol. 33, núm. 4. Consultado en <https://www.redalyc.org/pdf/214/21433403.pdf>.
- Martínez, O., Salgado, Y., y Meireles, M. (2019). Gasto social, austeridad y combate a la pobreza. La experiencia mexicana. *Economía UNAM*, núm. 47, pp. 66-92. México. Consultado el 22 de febrero 2023 en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7302712>.
- Mendoza Cota, J. E. (2021). Regional labor productivity in the Mexican manufacturing sector, 2007-2016. *Revista de Estudios Regionales*, núm. 121, pp. 15-41. Consultado en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8180180>.
- Morales, R. (2000). Métodos para medir la pobreza. Universidad Andina Simón Bolívar, La Paz.
- Morales, R. (2005). Métodos para medir la pobreza. Universidad Andina Simón Bolívar, La Paz.
- Moreno Álvarez, G. (2015). La política social en México. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*. Vol. 7, núm. 13, pp. 28-36. México. Consultado en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3636119>.
- Moreno Gloggnner, M. E., Rodas Moreno, H. H., De la Cruz Villegas, V. (2019). El sistema educativo mexicano: orientaciones y perspectivas ante la diversidad lingüística y cultural. *Perspectivas Docentes*. Vol. 29, núm. 67. Consultado en <https://revistas.ujat.mx/index.php/perspectivas/article/view/3036>.
- Ortiz Galindo, J., Ríos Bolívar, H. (2013). La pobreza en México, un análisis con enfoque multidimensional. *Análisis Económico*. UAM. Vol. 28, núm. 69, pp. 189-218. México. Consultado en <https://www.redalyc.org/pdf/413/41331033010.pdf>.
- Osorio Novela, G., Martínez Sidón, G., Saavedra, R. (2021). Rendimientos del capital humano en las microempresas de la frontera norte de México. *Frontera Norte*, núm. 33. Consultado en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8035842>.
- Pardo Montaña, A. M., y Dávila Cervantes, C. A. (2011). Relación entre remesas y des-

- igualdad: una mirada al caso de México. (Spanish). *Desarrollo y Sociedad*, núm. 89, pp. 117-141. Consultado en <https://doi.org/10.13043/DYS.89.4>.
- Stock, J. H., y Watson, M. M. (2012). *Introducción a la econometría*. Pearson, Madrid.
- Székely Pardo, M. (2005). Pobreza, desigualdad y entorno macroeconómico en México. *Información Comercial Española, ICE. Revista de Economía*, núm. 821, pp. 125-142. Consultado en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1222285>.
- Téllez, Anguiano, E. M. (1998). Migración a la frontera de México y su relación con el mercado de trabajo regional. *Revista Papeles de población*. Vol. 4, núm. 17, julio-septiembre, 63-79. Consultado en <https://www.redalyc.org/pdf/112/11201708.pdf>.
- Unikel, L. (1975). *El desarrollo urbano de México. Diagnóstico e implicaciones futuras*. El Colegio de México, México.
- Urciaga García, J., y Almendarez Hernández, M. A. (2008). Salarios, educación y sus rendimientos privados en la frontera norte de México. Un estudio de capital humano. *Revista Región Y Sociedad*. Vol. 20, núm. 41, 33-56. Consultado en <https://doi.org/10.22198/rys.2008.41.a517>.
- Woldenberg, J. (2019). La desigualdad en México. *Revista de la Universidad de México*, 87, pp. 90-92.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Introducción a la econometría: un enfoque moderno* (4a. ed.). Cengage Learning, México.

Capítulo 4. Panorama económico de las pymes en México: hacia un enfoque sistémico

MARÍA DE JESÚS VELÁZQUEZ VÁZQUEZ*

MARTÍN DARÍO CASTILLO SÁNCHEZ**

GONZALO PEÑA LÓPEZ***

Resumen

Diversos estudios publicados han estimado que las pequeñas empresas cumplen un papel relevante ante el grave problema del desempleo en los países de economías emergentes, principalmente uno de los retos cruciales de la sociedad contemporánea. Ante este panorama se requiere de un proceso de transformación integral de mayor profundidad, de mayor calidad socioambiental que trascienda los avances productivos y comerciales, que hasta el momento manejan un bajo nivel de conciencia. Las empresas con mayor capacidad basan sus decisiones de inversión en la integración de alta tecnología y en generar procesos intensivos de generación de capital; por ello tienen la capacidad de crecer, modernizarse y exportar sin aumentar significativamente su fuerza laboral.

Palabras clave: *Pyme, competitividad, desarrollo empresarial*

* Candidata a doctora en Ciencias de Ingeniería de Sistemas. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4051-1086>

** Doctor en Ciencias en Ingeniería Mecánica. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2563-3395>

*** Candidato a maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2575-0305>

1. Introducción

El aumento de la demanda de trabajo por parte de jóvenes poco cualificados, que forman el grupo con la tasa de desempleo más alta en comparación con la población media de los países desarrollados y en desarrollo; y por otro lado la incapacidad del sector económico actual para dar cabida a esta creciente demanda, es de interés para este artículo, por ello se presentan algunos aspectos relacionados con las pequeñas y medianas empresas (pymes) como: producción, productividad, cadena de suministro, etc. Esta investigación partirá del ámbito local, continuará con el ámbito interno para llegar al ámbito externo, además de vincular las pymes y el enfoque sistémico; tal valoración le permitirá al empresario ver la necesidad de competir, de tener conocimiento en la industria, de manejar efectivamente el aspecto humano y financiero; así como la planeación para eliminar las barreras que limitan su rentabilidad y crecimiento. Esto ayudará a la empresa a lograr una mayor productividad y competitividad, así como a lograr sus objetivos.

La industria de la confección es una de las actividades manufactureras más importante del país, con 5% de las empresas involucradas en la producción de prendas de vestir. De acuerdo con información del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2014), las pequeñas y medianas empresas (pymes) se caracterizan como unidades de negocio que generan principalmente empleos. Muchos de estos pequeños grupos empresariales, numerosas veces familiares, son altamente vulnerables y tienen claras limitaciones en cuanto al acceso a la información, a la producción en volumen y a préstamos por parte de instituciones financieras, estos obstáculos les impiden competir o crear más valor. Esto reduce su presencia en el mercado y los hace más vulnerables a eventos de adquisición de negocios, ya que no están en condiciones de competir debido a su pequeña escala, siendo en este sentido parte del desarrollo de la comunidad donde se ubica.

Antes de considerar si los espacios locales son sistemas complejos, debemos considerar si son sistemas. Un sistema es un objeto (material o concepto) compuesto de dispositivos interrelacionados que tienen composición, estructura y ambiente, pero solo los sistemas materiales tienen mecanismos

y propiedades emergentes, algunas de las cuales tienen forma o figura. Por lo tanto, no se puede separar de sus límites.

Para definir el espacio local como un sistema es necesario establecer los límites de la región bajo consideración. El estudio del espacio territorial como sistema requiere conocer sus límites espaciales, sus componentes y sus relaciones desde tres enfoques: estructural, relacional y funcional. Entonces, dada la composición, la estructura y el entorno, el espacio local puede convertirse en un sistema. La investigación sobre pequeñas empresas es un fenómeno analizado en todo el mundo, como lo ilustran las estadísticas sobre la estructura empresarial y la creación de empleo. En varios países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2015) las pymes representan entre 96 y 99% del número total de empresas, estas contribuyen aproximadamente con una sexta parte de la producción industrial y representan entre 60 y 70%, creando empleo, siendo la mayoría de los puestos de trabajo del sector servicios (Romero, 2006).

El BID (2000) juega un papel importante en el apoyo al desarrollo de las pequeñas y medianas empresas en América Latina. Sus objetivos son mejorar las condiciones empresariales, el acceso a financiamiento y promover mercados de servicios de desarrollo empresarial no financiero, lo que constituye un apoyo importante para las pymes de la región.

Por tal razón, América Latina se ha convertido en una región con mucho interés para su estudio, debido a su importancia en los procesos de crecimiento económico y, en particular, aquellos que conforman la región, por lo que es reconocida por la generación de puestos de trabajo. De acuerdo con cifras de la Fundación para el Desarrollo Económico y Social (Fundes, 2011), en la región existen 716 000 pequeñas empresas y 145 000 medianas, mismas que generan 88% del total de empleos relacionados con el sector comercial, frente a un 10% que es compuesto por grandes compañías. La pyme se define de acuerdo con sus activos totales y el número de empleados (Ley 905 de 2004), sin importar la actividad que desempeñe. Para Estados Unidos y Europa, la pyme se define dependiendo del sector, sin importar cuál sea.

En estos tiempos de apertura comercial llamada comúnmente globalización, las pymes tiene un gran reto: ser eficientes, competitivas y ofrecer

productos o servicios de calidad, ya que las condiciones del mercado, tanto a nivel nacional como internacional, demandan de estas mantener un alto nivel en todos sus procesos; para que puedan lograrlo es importante que flexibilicen y modernicen las habilidades productivas y administrativas, generando mejores condiciones en las que la empresa trabaja y se desarrolla, fortaleciendo la creación de negocios en su entorno. Para ello se propone y utiliza un enfoque sistémico que facilite el estudio de las relaciones entre individuos y organizaciones, considerando a estos grupos y personas como sistemas abiertos en constante interacción con su entorno. Los sistemas abiertos describen el comportamiento y la interacción de un organismo con su entorno. La investigación realizada en este artículo está dirigida principalmente a la aplicación de pequeños y medianos productores textiles en la región de Malinalco, población del estado de México.

2. Desarrollo

2.1. Aspectos generales de la competitividad en el sector pyme

Para que las empresas sean competitivas es importante tener en cuenta variables como la productividad, también es importante posibilitar las relaciones comerciales y las interacciones con el sector, teniendo en cuenta la rentabilidad, la participación en el mercado interno y externo y los flujos económicos, dada la infraestructura regional (Saavedra, 2012).

Las investigaciones realizadas sobre este tema han arrojado modelos y métodos destinados a determinar la competitividad de las empresas. De acuerdo con Muñoz (2012), desarrollar una variable de competitividad requiere de un recurso denominado crítico, es decir, un recurso que ayude a obtener una ventaja competitiva relevante en el tiempo, así como que se apropie de los ingresos generados y se deben considerar los recursos disponibles. Es importante incluir estas características en la comprensión y predicción de las pymes.

Quevedo (2009) parte de la teoría de los recursos y habilidades. En el caso de Soleno (2014), solo los investigadores que han estudiado este tema

han abordado la incorporación de indicadores externos y, finalmente, la CEPAL/OCDE (2015) ha dado especial énfasis a la investigación y desarrollo. Así, los autores señalan unánimemente la formación de recursos humanos avanzados como el principal indicador del desarrollo de la competitividad, toman la investigación y el desarrollo tecnológico como la segunda variable importante, y hacen más eficiente la comercialización; de igual forma los recursos financieros, por último, indicadores externos que registran la producción y las compras, capacidad de gestión y organización interna. Los estudiosos de este campo ignoran las mismas circunstancias externas que rodean y afectan directa o indirectamente a las empresas.

2.2. El impacto de la industria textil

La industria textil es una actividad que ha mostrado gran potencial y fuerza, no solo por ser parte importante de la generación del PIB, sino que además es parte del éxito económico por la generación de empleos y además porque crea una solución para establecer relaciones con los proveedores de productos, materias primas y otras industrias.

La participación de las pymes en el sector manufacturero va de 10.01% en 2017 a 9.1% en 2018. Se incluyen aquellas que se dedican a actividades económicas de transformación que producen materiales y distintos tipos de productos de consumo, también llamados bienes intermedios. La industria de la confección, con una fuerte participación en la demanda externa, ha mostrado tendencias negativas en los últimos años en sus principales mercados externos. Esto resultó en un cambio porcentual en la tasa de crecimiento industrial, que al cierre de 2018 fue de 13%. La razón fue la disminución de la demanda en América del Norte.

De acuerdo con datos de la balanza comercial textil-confecciones, en el cuadro 4.1 se muestra que la importación de ropa ha aumentado cada vez más. Este incremento se generó de manera significativa en 2017, al aumentar de 1 millón 602 mil dólares a 1 millón 686 mil al cierre del 2018.

Cuadro 4.1. Sector interno y externo

| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Exportaciones | 816 | 1094 | 1271 | 1433 | 1718 | 2003 | 2123 | 1912 | 1741 |
| Importaciones | 510 | 674 | 858 | 708 | 1084 | 1375 | 1551 | 1602 | 1686 |
| Saldos | 306 | 420 | 413 | 725 | 634 | 628 | 572 | 310 | 55 |

Fuente: INEGI, 2019.

2.3. Impacto de las pymes en el contexto internacional

La relevancia se manifiesta de varias maneras: en el número total de empresas o su participación en la creación de empleo, y en algunos países se extiende a la participación del producto. En comparación con los países de la Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económica (OCDE) la asimetría en la participación y contribución de estas empresas al PIB es importante.

Casi 70% del producto interno bruto (PIB) de la región es generado por grandes empresas, mientras que en la OCDE alrededor de 40% de la producción es generada por estas, atendiendo a una disminuida participación en las exportaciones y el resto por pequeñas y medianas empresas. La baja contribución a la producción y una alta contribución al empleo, características de las pymes latinoamericanas, se debe a la heterogeneidad de la estructura productiva, la especialización en productos de bajo valor agregado inferior a 5% en la mayoría de los países, lo que refleja la baja tasa de participación en las exportaciones. Como resultado, las brechas de productividad entre los países de la región y los países de la OCDE tienden a persistir en el largo plazo. Este rezago en productividad y capacidad exportadora se debe al alto grado de heterogeneidad estructural de la economía regional. La estructura productiva de América Latina se caracteriza por grandes diferencias de productividad que existen entre sectores, dentro de los cuales, así como en las empresas, se refleja una disminución al interior de los países, mucho mayor al que existe en los países desarrollados. A esto se le llama heterogeneidad estructural, que muestra asimetrías pronunciadas entre los segmentos de empresas y trabajadores y una concentración del empleo en aquellos de muy baja productividad relativa (CEPAL, 2010).

2.4. Cadena de suministro de las pymes

La cadena de suministro es un concepto que se originó en las empresas a principios de 1980; se desarrolló a partir de innovaciones como Justo a Tiempo (*just in time*, JIT por sus siglas en inglés) (Vrijhoef, 2000).

Se caracteriza a la cadena de suministro de acuerdo con las acciones que se realizan para articular cada punto o secuencia de los actores, dando como resultado una transmisión oportuna, confiable y de calidad de los productos a un bajo costo (Srinivasan *et al.*, 2011). Además, se ha visto como un conjunto de prácticas dirigidas a la gestión y la coordinación de actividades, desde los proveedores de materias primas hasta los clientes finales (Slack, 2016). La cadena de suministro se modifica de una industria a otra así como de una empresa a otra, y comúnmente se forman por los siguientes tres elementos: proveedores, producción y distribución (Arnold, 2011).

La gestión de la cadena de suministros es importante porque disminuye el nivel de inventario, mejora el servicio al cliente, reduce los costos de producción y brinda ventaja competitiva, esto disminuye el tiempo de transmisión, el cual no solo se orienta en funciones dentro de la organización, sino también en las funciones hacia el exterior. Tal actividad abarca todos los movimientos asociados con el flujo y evolución de bienes ligada desde la etapa de insumos hasta llegar al usuario final. Se toma como la vinculación de proveedores y clientes acoplados; que de acuerdo con la metodología de procesos cada consumidor es a su vez proveedor de la siguiente organización y cuya salida del producto terminado alcanza al usuario final (Vera, 2013).

La misión de la cadena de suministros es combinar todas las acciones de la operación. Min (2002) describe estas actividades como:

- Adquisición de materia prima o partes.
- Transformación de esa materia prima o partes a producto terminado.
- Agregar valor al producto.
- Distribuir o promover el producto con distribuidores o clientes.
- Facilitar el intercambio de información entre varias entidades de negocio.

2.5. Enfoque sistémico

Muchos de los problemas a los que se enfrentan las pymes se derivan de la falta de habilidades o de la capacidad para comprender sistemas más complejos. Tienden a mirar imágenes a la vez, en diferentes partes del todo; el poder del sistema se presenta como una perspectiva que apoya el desarrollo en situaciones difíciles. El enfoque sistémico se caracteriza por la capacidad de gestionar procesos, lo cual se considera desde la teoría de la cibernética de la organización; esta se centra en las actividades y relaciones de la dirección para garantizar su funcionamiento. A pesar del éxito en la resolución de problemas complejos, no existen muchas aplicaciones de este modelo, y las razones pueden ser las siguientes: 1) la tasa de cambio que está ocurriendo hoy es rápida y 2) los desafíos se están volviendo cada vez más complejos.

Los sistemas relevantes propuestos en el enfoque sistémico emergen de las primeras tres etapas de la metodología de sistemas suaves (MSS) propuesto por Checkland (1999). Estas etapas que por cuestiones de espacio no están consideradas en este capítulo se enuncian enseguida:

- Etapa 1: Situación dificultad no estructurada
- Etapa 2: Situación dificultad estructurada
- Etapa 3: Definiciones raíz de los sistemas pertinentes

Checkland (1999) explica que el enfoque raíz se obtiene de los sistemas relevantes y tiene el objetivo de señalar el procedimiento, esto es necesario para determinar su estructura.

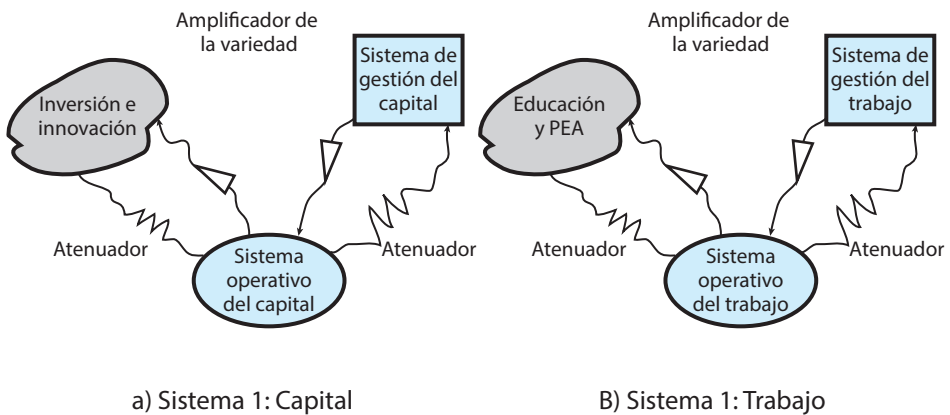
La definición de raíz de dos de los principales sistemas relevantes encontrados en la etapa 2 del MSS es la siguiente: sistema de gestión del crecimiento económico sostenible para lograr mayores tasas de crecimiento, mediante el diseño de acciones y estrategias pertinentes para las inversiones de capital y la gestión eficaz de los recursos humanos.

Como ya se ha mencionado, la importancia del sistema de crecimiento económico que aquí proponemos radica en que una correcta gestión mejora la calidad de vida de quienes participan en este proceso; aumentando los beneficios de las empresas generadoras de empleo; incrementando los in-

gresos de los trabajadores y, en consecuencia, reduciendo los niveles de pobreza, es decir, mejora la calidad de vida en su conjunto.

En la figura 4.1 se muestran los sistemas *a)* el sistema de capital y *b)* el sistema de trabajo. También se visualizan las integraciones del entorno con las unidades operativas representadas en el círculo y este a su vez la unidad de gestión representada en la figura cuadrada.

Figura 4.1. Sistema 1: sistemas operativos de capital y trabajo



Fuente: Elaboración propia.

El primer sistema (a) llamado capital opera atributos principales, por un lado la inversión, y por el otro la innovación productiva. En cuanto a la inversión, esta se financia con el ahorro privado (S); por su parte, el superávit presupuestario (T-G) es definido como la diferencia entre los ingresos tributarios (T) y los gastos incurridos (G), mientras que el endeudamiento externo (X-M) se define como la diferencia entre las exportaciones (X) y las importaciones (M). La evaluación es una medida que se traduce en innovación y que también se representa como progreso tecnológico.

El segundo sistema (b) llamado trabajo se refiere a la actividad que se realiza con el propósito de producir o agregar valor a la producción. En relación con el trabajo, los principales elementos que lo componen son la población económicamente activa (PEA) y el capital humano representado por el nivel de educación.

En el cuadro 4.2, se describe de forma resumida la categorización de las metodologías sistémicas que se han desarrollado en los últimos años, con algunos ejemplos de métodos y modelos que se seleccionaron por ser representativos de cada una de estas categorías. Esta clasificación se utiliza en la metametodología de intervención total de sistemas, ITS (Jackson, 1992), tomada de Peón (2018).

Cuadro 4.2. *Clasificación de metodologías sistémicas*

Matriz para la clasificación de metodologías sistémicas por metáforas y algunos ejemplos de modelos y metodologías (Flood y Jackson, 1991)

| S/C | UNITARIA | PLURALISTA | COERCITIVA |
|----------|---|---|---|
| SIMPLE | MECANICISTA Metodologías duras Enfoque de sistemas (Jenkins) | | CÁRCEL Metodología de sistemas Críticos heurísticos SCH (Ulrich) |
| COMPLEJA | NEUROCIERNÉTICA Modelo de sistemas viables MSV (Beer) | ORGÁNICA Metodología de sistemas suaves MSS (Checkland) | |

Fuente: Flood y Jackson, 1991.

Al observar el cuadro 4.2, encontramos que las metodologías sistémicas se pueden clasificar con una matriz. Para ello, los renglones de la matriz distinguen los procesos metodológicos simples de los complejos con más interrelaciones. En las columnas se hace la distinción entre metodologías sistémicas con información unitaria, plural y coercitiva o plural con conflictos.

Las metodologías sistémicas unitarias simples manejan datos determinísticos y probabilísticos cuantitativos para la toma de decisiones, tales como las utilizadas en la planeación de sistemas de tipo técnico y económico, que toma en cuenta la metáfora mecanicista en su diseño.

Las metodologías unitarias complejas manejan modelos de comunicación cibernéticos como el modelo de sistemas viables (MSV) de Stafford Beer (1994), en forma jerarquizada de tercera dimensión, que vincula procesos amplios de planeación-acción con procesos abiertos de cualquier nivel recursivo, o de detalle (neurociernética).

Las metodologías sistémicas pluralistas de tipo suave o flexible sirven para planear y construir sistemas con información que manejan distintas

formas culturales de conocimiento, basados en las ciencias del comportamiento. Estos instrumentos de transformación toman en cuenta de forma incluyente una gran variedad de las visiones e interpretaciones culturales de los actores participantes en el proceso metodológico de transformación.

Utilizan procesos participativos cualitativos de toma de decisiones. Son procesos iterativos de planeación-acción cibernética, que toman en cuenta el contexto dinámico del sistema, en el proceso heurístico de toma de decisiones bajo incertidumbre. Un ejemplo de este tipo de metodologías sistémicas es el de la metodología de sistemas suaves, MSS, de Checkland (1971).

En este tipo de procesos de transformación se utiliza como referencia la metáfora orgánica de los seres vivos, que maneja una gran cantidad y variedad de interrelaciones, bajo la arquitectura de red en paralelo. En este proceso en paralelo en forma de red se vinculan de forma múltiple y redundante todos los pasos del proceso dinámico de transformación metodológico iterativo de gran complejidad.

Por último, las metodologías agrupadas en la metáfora coercitiva o de la cárcel manejan procesos de toma de decisiones que consideran los conflictos ideológicos y de intereses, que existen en muchos procesos de toma de decisiones del mundo real, en los que participan distintos actores sociales con visiones e intereses encontrados.

3. Metodología

Con el fin de realizar un análisis empresarial y dar a conocer la situación actual de las pymes de la industria textil y de confección en Malinalco se utilizó un diseño de estudio transversal. De acuerdo con Hernández (2010), en el primer estudio se recolecta información de fuentes primarias y secundarias para brindar información sobre el problema y desarrollar un método de trabajo. Se utilizaron los siguientes materiales:

Entrevistas o test aplicando un enfoque cualitativo y cuantitativo de acuerdo con las variables por analizar, diseñadas para empresarios, propietarios o altos directivos de empresas a contemplar. Dicho test sirve para conocer el comportamiento de sus organizaciones empresariales y saber qué esperan del mercado y su crecimiento.

Test dirigido a expertos del sector textil de la confección, así como a administradores que se desarrollan en la mediana y gran empresa y que se vinculan con las pequeñas empresas en relación con la contratación de servicios calificados, siendo en su generalidad clientes directos de la pyme.

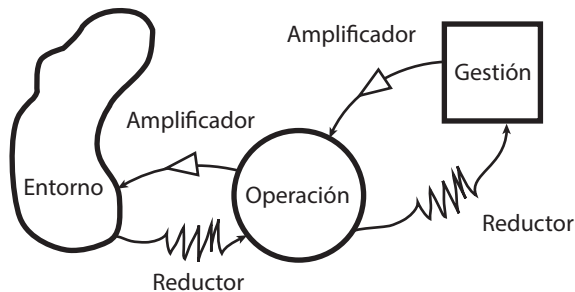
4. Resultados

Los resultados de la entrevista hecha a los dueños y trabajadores de las pymes del sector textil en Malinalco, Estado de México, de la confección fueron los siguientes:

De acuerdo con la naturaleza legal de la pyme, el 52% corresponde a una sociedad anónima, 20% a persona natural y 17% a empresa independiente con responsabilidad limitada. Asimismo, el rango de facturación anual se lleva en promedio, 71% son microempresas, 21% son pequeñas empresas y solo 8% son mediana empresa. Respecto al promedio de personal contratado es de 85% en un rango de 1 a 10 trabajadores, 15% tiene 11 a 50 trabajadores.

De acuerdo con la investigación hasta ahora realizada, la propuesta sistémica que nos apoya en dicho desarrollo es el modelo de Stafford Beer, llamado modelo de sistemas viables (MSV), el cual vincula los modelos teóricos con la práctica a través de la retroalimentación cibernética, además es un proceso que logra el equilibrio homeostático dinámico y permite lograr la estabilidad en un medio cambiante (figura 4.2).

Figura 4.2. Modelo de sistemas viables. Stafford Beer



Otro hallazgo encontrado fueron sus recursos que se rigen por roles mal definidos entre los miembros de la organización. Esta situación conduce a una baja producción de energía debido a la falta de mano de obra, recursos y equipos.

La situación en que se encuentra actualmente la pyme textil en Malinalco nos exige un estudio detallado de las condiciones en que está trabajando y los modelos de desarrollo que podamos aplicar para mejorar tanto las condiciones laborales, así como el impacto en la productividad que estos tendrían.

5. Conclusiones

La participación que tienen las pymes en los países significa un importante aporte en las economías tanto desarrollados como emergentes, destacándose por ser grandes generadoras de empleos, además de ser motor y factor determinante en el proceso de crecimiento económico y desarrollo social. De acuerdo con los resultados analizados, dentro de las pymes hay poca brecha entre la importación y exportación de prendas textiles. El mercado nacional necesita más productos del ramo textil, más que la capacidad de producción nacional de las empresas que elaboran este producto. En otras palabras, hay un nicho importante en el mundo que necesita ser llenado.

Ello debe generar políticas públicas que apoyen el desarrollo y crecimiento de las pymes a través de la capacitación de recursos humanos, el uso de maquinaria que sustituya las actividades de riesgo, la adaptación a las nuevas tecnologías la flexibilización para acercarse a nuevos mercados, políticas fiscales conscientes de las dificultades de arranque y disminución en la cantidad de requisitos.

Asimismo, falta la evaluación y el estudio oportuno, así como el desarrollo de prácticas; el empleador no utiliza ningún método de medición del desempeño.

Es urgente implementar mecanismos que permitan fortalecer a la pyme en sus procesos internos, tales como producción, mercadotecnia, finanzas, ya que estos serán generadores de ventajas competitivas y productividad, lo que repercutirá en su competencia no solo a nivel local, sino a nivel global.

Las metodologías sistémicas aplicadas a una pyme propician su perfeccionamiento organizacional, así como su planificación y dirección, además retroalimenta al sistema estableciendo un equilibrio dinámico, alcanzando la estabilidad en un medio cambiante.

Bibliografía

- Arnold, J. (2011). *Introduction to Materials Management*. Nueva Jersey: Pearson Education.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2000). *Apoyo a la pequeña y mediana empresa: una década de actividades del grupo del Banco Interamericano de Desarrollo*. Washington, D. C.
- Beer S. (1994). *Viable System Model*. Wiley, 157-158.
- BID (2000). *Apoyo a la pequeña y mediana empresa: una década de actividades del grupo Banco Interamericano de Desarrollo*. Washington, D. C.
- CEPAL (2009). *La inversión extranjera en América Latina y el Caribe. Informe 2009*, Santiago de Chile, mayo. Publicación anualizada de las Naciones Unidas.
- CEPAL (2010). *Heterogeneidad estructural y brechas de productividad: de la fragmentación a la convergencia*.
- CEPAL/OCDE (2015). *Perspectivas económicas de América Latina 2015: educación, competencias e innovación para el desarrollo*.
- Checkland, P. (1971). *Systems thinking, systems practice*. Wiley, Londres.
- Curiel, L. (2012). *Perspectivas económicas de América Latina 2013. Políticas de PyMES para el cambio estructural*.
- Ferraro, C. (2011). *Eliminando barreras: el financiamiento a las PyMES en América Latina*. CEPAL-Aecid.
- Flood, R., y Jackson M. (1991). *Creative Problem Solving*. Wiley, Reino Unido.
- Franco, M. (2012). *Factores determinantes del dinamismo de las PyMES en Colombia*. Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- FUNDES (2011) *Bab: RJ / diseño editorial/HOY*.
- Hernández, J. (2010). *La industria textil en el Estado de México, retos y perspectivas*. UAEM, México.
- INEGI (2014). *Censos Económicos 2014. Resultados Definitivos*, México.
- INEGI (2019). *Colección de estudios sectoriales y regionales. Cámara Nacional de la Industria Textil y de la Confección*.
- Jackson, M. (1992). *Systems Methodology for the management science*. NY: Plenum.
- Min, H. (2002). *Supply chain modeling: past, present and future*. *Computers & Industrial Engineering*.
- Muñoz, J. (2012). *Caracterización e importancia de la PyME latinoamericana. Hacia la determinación de la competitividad en la PyME latinoamericana*. ALAFEC/UNAM.

- OCDE (2007). SMEs in Mexico. Issues and Policies. OECD Publishing.
- OCDE-CEPAL (2012). *Perspectivas económicas de América Latina. Políticas de pymes para el cambio estructural*. OECD Publishing.
- Peón, I. E. (1996). Calidad integral y sustentable: la 4a etapa de la calidad. SEPI/ESIME-ZIPN, México.
- Quevedo, G. (2009). Las PyMES: un mundo de posibilidades. *Revista Desarrollo Gerencial*, Núm. 1 (2009). Universidad Simón Bolívar. Barranquilla.
- Romero, I. (2006). Las PYME en la economía global. Hacia una estrategia de fomento empresarial. Problemas del Desarrollo. *Revista Latinoamericana de Economía*, Vol. 37, núm. 146, 31-50. UNAM, México.
- Saavedra, M. (2008). Caracterización e importancia de las PyMES en Latinoamérica: un estudio Comparativo. *Actualidad contable*. Fases, 17. Venezuela.
- Saavedra, M. (2012). Una propuesta para la determinación de la competitividad en la PYME latinoamericana. *Pensamiento y gestión*, Núm. 33.
- Slack, N. (2016). *Operations management* (8a. ed.). Pearson Education.
- Soleno W. (2014). Inserción de cooperativas agrícolas locales en cadenas globales de valor. El caso del sistema productivo cítrico de la provincia argentina de Corrientes. *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*. 97-126. ISSN: 0213-8093.
- Vera, M. (2013). Competitividad en micro, pequeñas y medianas empresas del sector comercio-Bogotá. Análisis de percepciones. XXX conferencia interamericana de contabilidad. Macroproyecto "Hacia la competitividad de las PyMES en América Latina", avalado por ALAFEC y del Proyecto "Hacia la determinación de la competitividad en la PYME Latinoamericana: competitividad de pequeñas y medianas empresas en Bogotá".
- Vrijhoef, R. (2000). Roles of Supply Chain Management in Construction.
- Srinivasan, M., Mukherjee, D., y Gaur, A. S. (2011). Buyer-supplier partnership quality and supply chain performance: Moderating role of risks, and environmental uncertainty. *European management Journal*.

Capítulo 5. Asimetrías regionales del mercado laboral mexicano en el periodo 2000-2021

HORACIO SÁNCHEZ BÁRCENAS*

Resumen

En las últimas dos décadas el mercado laboral mexicano se ha debilitado; en cierta medida es resultado de la incapacidad de la economía mexicana para generar las tasas de crecimiento económico que requiere el país. Esta situación ha provocado una caída en el nivel de ingresos de los trabajadores, incremento de la subocupación, aumento de la informalidad laboral, entre otras. Las manifestaciones se presentan con distinta magnitud en las diversas regiones del país, las cuales son más profundas en los estados del sur.

Palabras clave: *tendencia laboral, precariedad laboral, trabajo decente, empleo informal*

1. Introducción

Al finalizar el siglo xx nuestro país instrumentaba un conjunto de reformas estructurales, el propósito era corregir los desequilibrios internos y externos, a fin de evitar las crisis económicas, las cuales fueron muy recurrentes en la década de los ochenta; la última se presentó en 1994. El centro de atención

Agradecimiento: Este capítulo es producto del proyecto de investigación "Tendencias del mercado laboral en México a partir de la pandemia del Covid-19", con registro SIP-IPN 20221075.

* Doctor en Ciencias Económicas. Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9787-5772>

de las reformas era estabilizar el nivel de precios, por lo que todos los instrumentos de política económica se dirigieron a tal fin. Al convertirse la inflación en la prioridad de la política económica, el crecimiento económico pasó a un segundo plano, provocando efectos nocivos en otras esferas de la economía, principalmente en el mercado laboral.

Durante las primeras décadas del siglo XXI el nivel de precios logró estabilizarse, sin embargo, la tasa de crecimiento del producto interno bruto (PIB) siguió presentando tasas muy bajas, la cifra se encuentra por debajo del 2%, lo que resulta insuficiente para generar condiciones favorables de bienestar y empleo para las familias mexicanas. Adicionalmente, si al raquí-tico crecimiento del PIB le sumamos que su distribución se realiza de manera inequitativa, eso redundará en mayores índices de pobreza, así como en un mercado laboral frágil y precario.

La debilidad del empleo en México se refleja en elevadas tasas de informalidad laboral, la cifra para el cuarto trimestre de 2021 alcanzó en promedio a seis de cada 10 trabajadores que forman parte de la población económicamente activa (PEA), a nivel de entidades federativas la informalidad laboral muestra fuertes asimetrías, presentando tasas más elevadas en las regiones del sur y menores en los estados del norte. Hay otros indicadores que muestran un comportamiento similar al de la informalidad laboral, tales como la tasa de subocupación, la tasa en condiciones críticas de la ocupación y el número de trabajadores que no tienen acceso a instituciones de salud.

El presente documento de investigación tiene como objetivo general analizar las causas que provocan las asimetrías regionales que presenta el mercado laboral en nuestro país, tomando de referencia el periodo 2000-2021. Uno de los determinantes más importantes que ha provocado mayor fragilidad en el mercado laboral mexicano es la falta de crecimiento económico. En cuanto al marco geográfico, se evaluarán dos estados del norte, Coahuila y Nuevo León, y dos entidades del sur, Chiapas y Oaxaca.

El capítulo se estructura de la siguiente manera: en el apartado número dos se exponen algunos enfoques que dan sustento teórico a lo relacionado con el mercado laboral, se mencionan principalmente tres esquemas; el neoclásico, keynesiano y estructuralista. En el apartado tres se presenta el comportamiento de algunos de los indicadores más representativos del mercado laboral en el lapso de 2000 a 2021, los cuales están contenidos en

la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), tales como la tasa de desocupación, los salarios, el acceso a salud, la tasa de subocupación, la tasa en condiciones críticas de la ocupación y la tasa de informalidad laboral. En el apartado cuatro se realiza un análisis a nivel regional, tomando de referencia cuatro entidades federativas: Chiapas, Oaxaca, Coahuila y Nuevo León. En el último apartado se plantean algunos determinantes del mercado laboral, así como posibles escenarios de cómo se comportará el empleo en los próximos años.

2. Elementos teóricos sobre el mercado laboral

El comportamiento del mercado laboral de un país representa un termómetro objetivo de qué tan bien o mal está funcionando una economía, es un indicador del nivel de bienestar que pueden alcanzar los trabajadores y sus familias. Son diversos los fenómenos que se pueden abordar cuando se estudia el mercado laboral, entre los que destacan: los niveles de desempleo, la productividad, los salarios, la informalidad laboral, entre otros.

Un mercado laboral que no funciona adecuadamente presenta diversos síntomas, uno de los más visibles tiene que ver con elevadas tasas de desempleo, sin embargo, lo más común actualmente en la mayoría de las economías subdesarrolladas o en vías de desarrollo es la precariedad en la estructura del empleo.¹ Si se acepta el argumento anterior, tal pareciera que se trata de dos fenómenos distintos. Nosotros consideramos que se trata de dos hechos que están estrechamente ligados; los altos índices de desempleo conducen a las personas a insertarse en empleos informales o lo que es peor, emplearse en actividades ilícitas.

Cuando se estudia teoría macroeconómica regularmente se analizan tres mercados: mercado de bienes, dinero y laboral.² Es en el mercado laboral

¹ En las primeras dos décadas del presente siglo la mayoría de las economías latinoamericanas han presentado en promedio bajas tasas de desempleo, lo que no necesariamente es reflejo de mercados laborales saludables. La fragilidad de los mercados laborales tiene que ver más bien con la precariedad de los empleos; más del 50% del empleo que se genera en Latinoamérica es informal (oit, 2022).

² Los mercados de bienes y dinero son dos componentes esenciales cuando se estudia la demanda agregada, su análisis es de corto plazo. El mercado laboral se aborda en el largo plazo y es parte fundamental en la determinación de la oferta agregada.

donde se profundizan más las diferencias entre la corriente neoclásica y la Keynesiana³ (Barreiro, *et al.*, 2000).

Una preocupación permanente por parte de los responsables de las políticas públicas tiene que ver con las fluctuaciones que observa el empleo en un determinado periodo de tiempo. Cuando aparece una crisis económica, sus manifestaciones impactan en los mercados laborales principalmente a través de tres efectos: el primero es una pérdida en el dinamismo en la creación del empleo; el segundo, cambios en el tipo de empleos creados; y, por último, una caída en los salarios de los trabajadores (Tokman, 1986).

Al igual que en otros mercados, cuando se analiza el mercado laboral se busca definir los determinantes que provocan sus fluctuaciones, es decir, las variables exógenas que impactan en su comportamiento.⁴

El desempleo es un problema macroeconómico que afecta a la sociedad de una forma más directa y grave. Para la mayoría de las personas la pérdida del empleo significa un empeoramiento del nivel de vida y pérdida de la autoestima. No es sorprendente que la desocupación sea un tema frecuente no solo en la discusión económica, sino también en el debate político, es usual que los políticos suelen afirmar que las medidas que proponen contribuirían a crear empleo, ello les reditúa en tiempos en los que compiten electoralmente (Mankiw, 2010).

Los determinantes que provocan fluctuaciones en el mercado laboral, tanto en el empleo como en el desempleo, han sido estudiados por diversas corrientes del pensamiento económico; se considera que dos son las más importantes: la neoclásica y la keynesiana, de ellas hay otras derivaciones, sin embargo, la mayoría parte de los fundamentos establecidos por las dos primeras.

Por su parte, el enfoque estructuralista toma en cuenta la aparición de dos segmentos en el mercado laboral: el constituido por los trabajadores que logran incorporarse en el sector moderno de la economía, es decir, trabajadores calificados; el sector moderno es intensivo en capital humano

³ Para Keynes, a diferencia de los neoclásicos, los desequilibrios en el mercado laboral tienen su origen en la demanda agregada, debido a una insuficiencia en la misma. A partir de esta aseveración, Keynes se aparta de los neoclásicos, quienes afirmaban que los desequilibrios laborales se producían en el mercado de trabajo, por lo que su solución se realiza ahí mismo a través del mecanismo de precios (Keynes, 1990).

⁴ En el caso keynesiano, es la demanda la que determina el nivel de producción y esta su vez el nivel de empleo. Por su parte, en el esquema neoclásico es el nivel de empleo el que determina el nivel de producción.

y físico. Por el otro lado están quienes no lo logran, los cuales deben trabajar en condiciones de baja productividad en el sector informal. Así, el sector informal se conforma por las actividades realizadas por agentes con un objetivo o racionalidad económica particular: garantizar la subsistencia propia y del grupo familiar (Uribe *et al.*, 2006). El esquema estructuralista es el que más ha profundizado en el estudio de los países latinoamericanos, la tesis central plantea que la precariedad laboral es resultado del patrón de acumulación del sistema capitalista.

3. Comportamiento del mercado laboral en México

Un elemento determinante en la generación del empleo es el crecimiento económico, el cual dejó de ser prioridad en la política económica, pasó a un segundo término, desde finales de la década de los ochenta el elemento central de la política económica es la estabilidad de precios, es decir, el control de la inflación.

La tasa de crecimiento del PIB de nuestro país ha mostrado un crecimiento poco favorable en el lapso que va del año 2000 a 2021, en promedio el crecimiento ha sido de 1.73% anual. Esta cifra es insuficiente para responder a la fuerza de trabajo que cada año se incorpora al mercado laboral, principalmente la que tiene que ver con los grupos vulnerables, mujeres, jóvenes, adultos de la tercera edad y migrantes (OIT, 2021). En la gráfica 5.1 se muestra la información sobre la evolución que ha seguido el PIB en México en el lapso que va de 2000 a 2021. Hay dos momentos en los cuales el PIB sufrió caídas drásticas, un primer momento es en 2009 como resultado de crisis financiera en los Estados Unidos⁵ y en 2020 ante la aparición de la crisis sanitaria del Covid-19,⁶ después de esos dos episodios hubo una re-

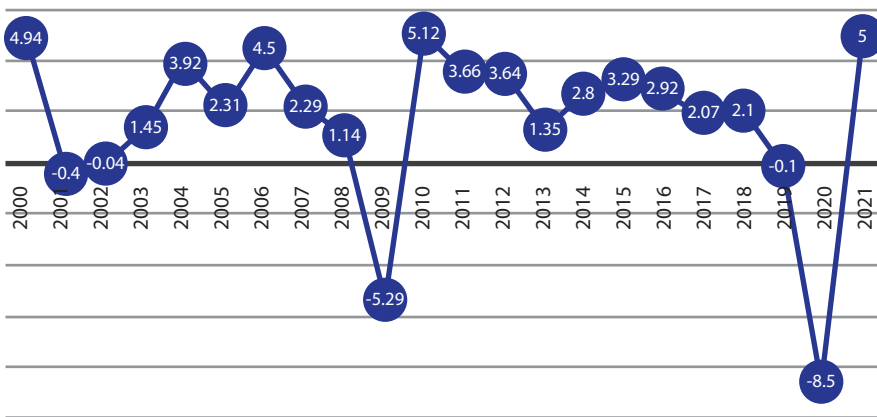
⁵ Desde 1995 el PIB no sufría una caída tan abrupta, la contracción durante 2009 fue consecuencia de la crisis financiera "subprime" en los Estados Unidos, la crisis tuvo efectos directos en los sistemas financieros de prácticamente todas las economías en el mundo, afectando la actividad productiva. En nuestro país los efectos fueron profundos, más del 80% de nuestra relación comercial con el exterior la tenemos con Estados Unidos. Para 2009 el PIB de México tuvo una caída superior a los seis puntos porcentuales, ello se reflejó en un retroceso en el empleo en 1.5 puntos porcentuales.

⁶ En el año 2020 hizo su aparición la crisis sanitaria del Covid-19, el impacto fue muy profundo en la actividad económica a nivel global, ello como consecuencia de las medidas para evitar la propagación de los contagios. En México el PIB sufrió la peor caída del siglo XXI, la cifra descendió en -8.5 por ciento.

cuperación del 5% en ambos casos, sin embargo, ese crecimiento no se sostuvo como se puede apreciar de 2011 a 2019. Para 2022 el crecimiento del PIB no rebasará el 2.0% y para 2023, por lo mucho se crecerá a una tasa del 2.5 por ciento (FMI, 2022).

Las fluctuaciones en el PIB tienen efectos directos sobre los niveles de empleo. Ahora bien, cómo explicar el hecho de que la tasa de desempleo sea tan baja en nuestro país, con una tasa de crecimiento del PIB tan mediocre. Una respuesta podría encontrarse en la estructura del empleo. El empleo formal en nuestro país representa 44% del total, lo que implicaría que el empleo informal es el que predomina en el mercado laboral con un 56%, siendo el principal factor de precariedad para los trabajadores mexicanos.

Gráfica 5.1. Crecimiento porcentual del PIB en México



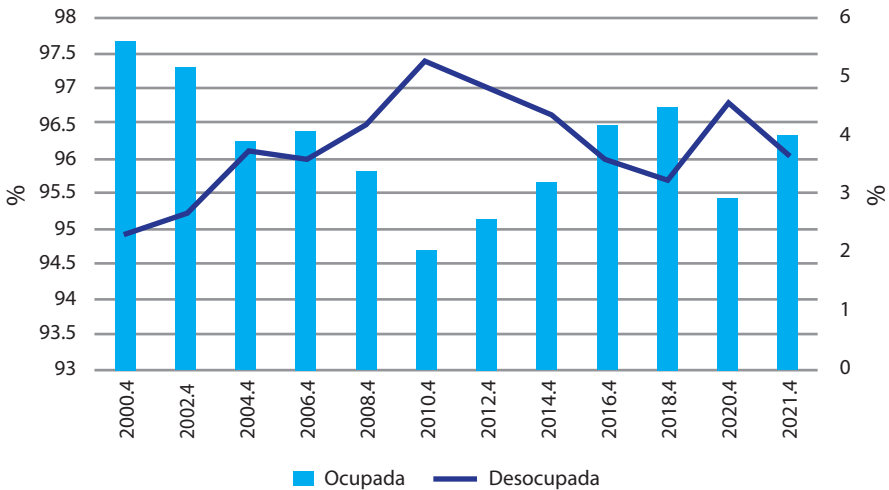
Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

Desde que dio inicio el presente siglo la generación de empleo se ha mantenido por encima del 95% en promedio, con una tasa de desempleo inferior al 5%, visto de esa manera, pareciera que contamos con un mercado laboral “saludable”. Sin embargo, como mencionamos en apartados anteriores, la realidad es otra, en el momento en que se empieza a revisar la estructura y algunos indicadores del mercado laboral mexicano, tales como el nivel salarial, el porcentaje de trabajadores que tienen acceso a la seguri-

dad social y la tasa de empleo informal, entre otras, resulta que nuestro mercado laboral presenta signos de precariedad.

La gráfica 5.2 muestra cómo ha evolucionado la tasa de ocupación y desocupación en nuestro país en el lapso de 2000-2021. La información habla por sí misma y confirma que el empleo es elevado y la tasa de desocupación mínima, lo que estaría garantizando un mercado laboral sin problema alguno. La gráfica capta información para el cuarto semestre de un conjunto de años en el periodo 2000 a 2021; la población ocupada alcanza una cifra de 96.2% en promedio durante el lapso, mientras que la tasa de desempleo promedio es de 3.8 por ciento.

Gráfica 5.2. Tasa de ocupación y desocupación con respecto a la PEA



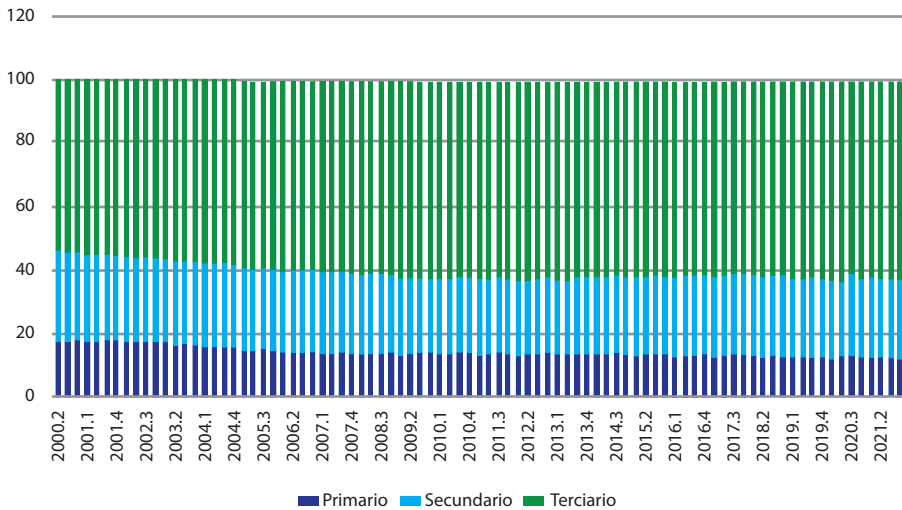
Fuente: Elaboración propia con información de la ENOE 2020.

En términos de generación de empleos por sector de actividad económica, el sector terciario es el mayor generador en nuestro país, desde la década de los ochenta del siglo pasado es el que ha mostrado mayor dinamismo. En el año 2000 participó con un 54% en el empleo nacional, para el año 2021 su contribución fue cercana a 62.4% (véase la gráfica 5.3). Por otra parte, el sector industrial en el año 2000 generaba alrededor de 28% del empleo, mientras que en 2021 su participación se redujo a 24.9%. El sector

agrícola o primario es el que observó la mayor caída: en el año 2000 participaba con un 17.9% del total, al cerrar 2021 solamente generaba 12% del empleo total.

A diferencia de lo observado en la gráfica 5.2, existen otros indicadores que fortalecen la hipótesis de que en nuestro país el mercado es precario; aquí mencionaremos tres de los más representativos: los bajos salarios que percibe un alto porcentaje de los trabajadores, la falta de acceso a la seguridad social y la tasa de informalidad laboral.

Gráfica 5.3. Contribución en el empleo por sector de actividad económica



Fuente: Elaboración propia con información de la ENOE 2022.

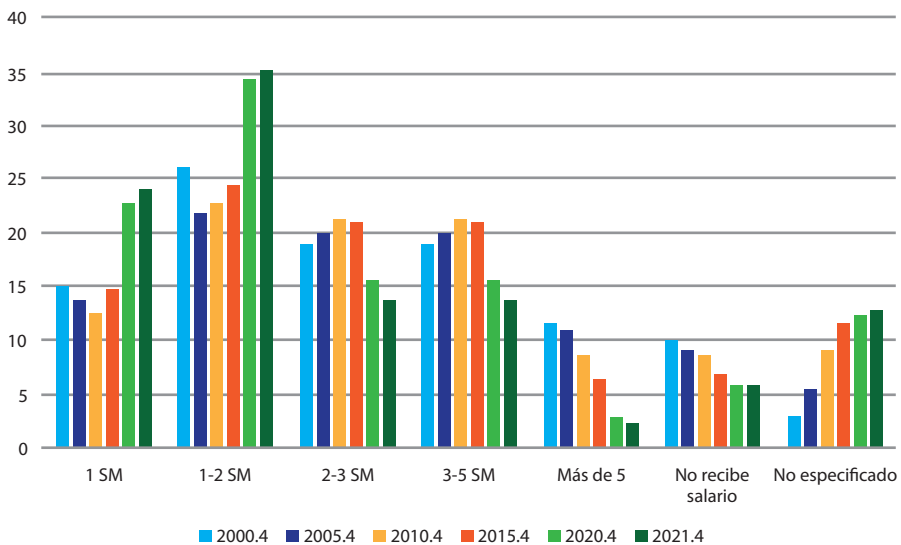
En los últimos 20 años hemos observado cómo se ha debilitado el poder adquisitivo de los trabajadores en el país, esa situación ha provocado que las asimetrías se amplíen en torno a la distribución de los ingresos. Un alto porcentaje del valor agregado que se genera en México se concentra en algunas regiones y en pocos mexicanos. Una estadística que ilustra de manera clara la fragilidad de nuestro mercado laboral tiene que ver con la evolución de los ingresos que perciben los trabajadores.

Es notable el deterioro que ha sufrido el salario de los trabajadores; en el año 2000 quienes percibían un salario mínimo (SM) era el 15% de los

trabajadores, para 2021 la cifra llegaba a 24% del total de los trabajadores, es decir, en nuestro país uno de cada cuatro trabajadores recibe un SM. El deterioro más notable sucede en el periodo 2015-2021; en ese lapso la cifra de quienes perciben un SM aumentó en 10 puntos porcentuales (véase la gráfica 5.4).

Quienes perciben entre 1 y 2 SM también observaron un incremento en el periodo de estudio. Para el año 2000, 25% de los trabajadores obtenían entre uno y dos SM, para el cuarto trimestre de 2021 la cifra ascendió a 35 por ciento.

Gráfica 5.4. Comportamiento del nivel de ingresos por estratos

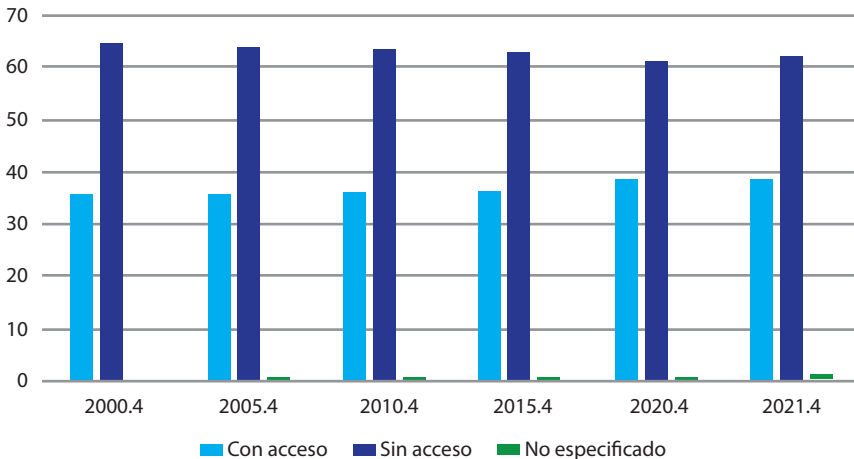


Fuente: Elaboración propia con información de la ENOE 2022.

Contrariamente a lo que sucede con los dos estratos antes mencionados, para quienes ganan más de dos SM la tendencia fue a la baja. El deterioro fue aún mayor entre los trabajadores que ganan de 3 a 5 SM y los que perciben más de 5 SM. En el caso de los que perciben entre 3-5 SM, en el año 2000 el porcentaje llegaba a un 15.5, para el año 2021 la cifra era de 6.2%. En el caso de los que ganaban más de 5 SM, entre el 2000 y el 2021 la disminución fue de 9 puntos, pasando de un 11.5% en el año 2000 a un 2.3% en 2021.

Uno de los grandes problemas que enfrenta un alto porcentaje de trabajadores mexicanos es que no tienen acceso a instituciones de salud, esa situación se debe en gran medida a que seis de cada 10 trabajadores tienen un empleo informal. En el año 2000, el 64.5% de quienes poseían algún empleo no tenían acceso a instituciones de salud, para el año 2021 el porcentaje disminuyó a 61% (véase la gráfica 5.5). Lo anterior denota lo ineficiente de las políticas públicas en los últimos 20 años, es mínimo el avance que se ha logrado para que más trabajadores puedan tener acceso a instituciones de salud, lo que refleja un pobre resultado de 3% en cuatro quinquenios.

Gráfica 5.5. Porcentaje de ocupación con acceso a instituciones de salud



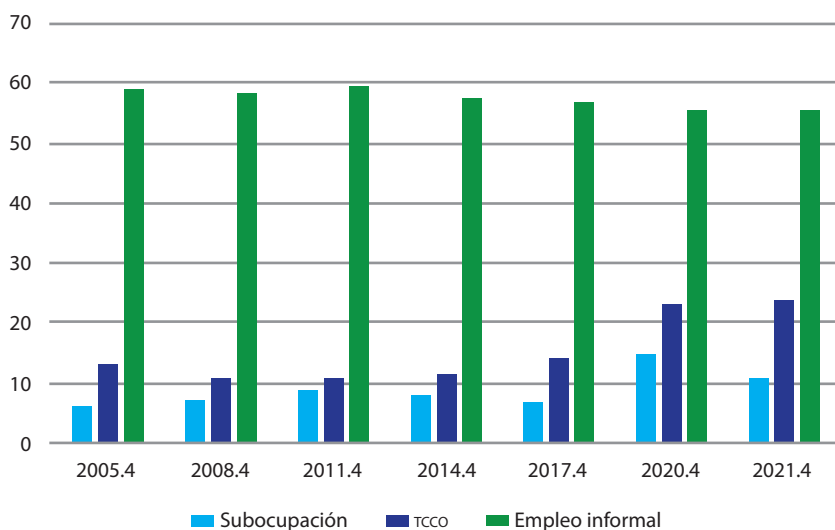
Fuente: Elaboración propia con información de la ENOE 2022.

Para el año 2020 el número de trabajadores que carecían de servicios de salud se incrementó, rebasó 60% de la planta laboral. En el periodo de estudio se observa un avance de 3% en la transición de la informalidad a la formalidad. El confinamiento por la pandemia del Covid-19 empujó a muchas empresas a cerrar, por lo que se perdió una gran cantidad de empleos formales e informales, sin embargo, en este tipo de situaciones es más lenta y complicada la recuperación de los empleos formales, máxime si el gobierno en turno no genera incentivos y apoyos fiscales para mantener a las empresas bien establecidas.

El empleo informal o informalidad laboral está presente en prácticamente todas las economías del mundo, pero en las naciones con un grado de desarrollo mayor muestra porcentajes relativamente más bajos, sin embargo, en países subdesarrollados y en vías de desarrollo los porcentajes de informalidad laboral están por encima de 50% (OIT, 2020).

Una de las principales características del mercado laboral en nuestro país tiene que ver con la fuerte presencia del empleo informal;⁷ al cerrar el año 2021 la cifra alcanzó al 56% de los trabajadores. En el año 2005 el porcentaje de trabajadores que realizaban actividades informales se ubicaba en 59%, y al igual que en otros indicadores, en este rubro el avance ha sido mínimo. Es evidente que la tasa de informalidad laboral sigue siendo muy elevada en nuestro país, lo cual refleja que las políticas públicas que se han instrumentado en los últimos lustros no han aminorado el problema (véase la gráfica 5.6).

Gráfica 5.6. Tasa de empleo informal, subocupación y TCCO con respecto a la PEA



Fuente: Elaboración propia con información de la ENOE 2022.

⁷ La tasa de informalidad laboral es la proporción de la población ocupada que comprende a la suma, sin duplicar, de los ocupados que son laboralmente vulnerables por la naturaleza de la unidad económica para la que trabajan, con aquellos cuyo vínculo o dependencia laboral no es reconocido por su fuente de trabajo.

La tasa de condiciones críticas de ocupación⁸ (TCCO) ha experimentado un avance en los últimos años. En el año 2005 este indicador alcanzaba una cifra de 13.3%, mientras que para el año 2021 el porcentaje llegó a 24% de los trabajadores, estamos hablando que en 15 años esta variable se incrementó más de 80 por ciento.

En el caso de la subocupación,⁹ entre 2005 y 2021 se observó un incremento, pasando de un 7% en 2005 a 10% en 2021; la subocupación alcanzó su punto máximo durante la pandemia de Covid-19: la cifra llegó a 15 por ciento.

4. Asimetrías laborales por entidades federativas

Uno de los saldos negativos del modelo de desarrollo económico que se implementó en nuestro país desde finales de los ochenta tiene que ver con una mayor inequidad en la distribución de los ingresos, lo que ha generado desigualdades regionales

La fragilidad que refleja el mercado laboral mexicano se presenta con mayor dureza, aunque de manera diferenciada, en las distintas regiones del país. En este apartado se presentarán distintos indicadores que permiten observar las asimetrías laborales que existen en cuatro entidades federativas: Chiapas, Oaxaca, Coahuila y Nuevo León,

El cuadro 5.1, muestra información sobre el número de SM que perciben los trabajadores en las cuatro entidades federativas seleccionadas. En el periodo analizado se puede apreciar cómo los trabajadores de los estados de Oaxaca y Chiapas en un alto porcentaje perciben entre uno y dos SM, mientras que Coahuila y Nuevo León presentan menores porcentajes de trabajadores que perciben entre 1 y 2 SM, aunque en el caso de Coahuila para 2021 el porcentaje de trabajadores que recibían hasta dos SM rebasó los 50 puntos. Chiapas es el caso más preocupante. En 2005 el porcentaje de tra-

⁸ Porcentaje de la población ocupada que se encuentra trabajando menos de 35 horas a la semana por razones de mercado, más la que trabaja más de 35 horas semanales con ingresos mensuales inferiores al SM y la que labora más de 48 horas semanales ganando hasta dos SM.

⁹ Personas de 15 y más años de edad que tienen la necesidad y disponibilidad de ofertar más horas de trabajo de lo que su ocupación actual le permite.

bajadores que recibían un SM era de 40%; para 2021 aumentó de manera alarmante a un 57 por ciento.

En el caso de quienes obtienen entre uno y dos SM, Coahuila es el que observa el mayor incremento: en 2005 la cifra de trabajadores alcanzó 21% del total, para 2021 el porcentaje fue de 43 puntos porcentuales.

En el lapso comprendido entre 2005 y 2021 se observa que el porcentaje de trabajadores que reciben entre 3-5 y más de 5 SM disminuyó de manera notoria en las cuatro entidades federativas. De cada 100 trabajadores, en Chiapas y Oaxaca dos trabajadores perciben entre 3 y 5 SM, mientras que en Coahuila son 10 y en Nuevo León 13. Para el caso de quienes perciben más de 5 SM, de cada 100 trabajadores, en Chiapas y Oaxaca un trabajador percibe más de 5 SM, mientras que en Coahuila 4 y en Nuevo León 6.

Cuadro 5.1. *Ingresos en SM que perciben los trabajadores por entidad federativa*

| Estado | Año | 1 SM | 1-2 SM | 2-3 SM | 3-5 SM | Más de 5 | No recibe salario | No especificado |
|------------|------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|-----------------|
| Chiapas | 2005 | 40.2903558 | 22.5942594 | 8.40861602 | 9.1063324 | 5.35869405 | 14.13411625 | 0.107626133 |
| | 2010 | 34.6770986 | 23.7747397 | 10.3704428 | 11.010392 | 5.12524381 | 14.89506325 | 0.147019936 |
| | 2015 | 37.2642514 | 25.1486759 | 11.552831 | 8.11357486 | 3.66219942 | 13.94529016 | 0.3131773 |
| | 2020 | 42.7234767 | 27.3555611 | 8.61625435 | 5.06513635 | 1.35204952 | 13.88633983 | 1.00118208 |
| | 2021 | 48.48 | 24.2408167 | 7.50549596 | 3.39792578 | 1.19342755 | 14.49922512 | 0.684857568 |
| Coahuila | 2005 | 39.1286651 | 23.7848528 | 11.3686827 | 8.00783441 | 5.40972814 | 12.19813202 | 0.102104803 |
| | 2010 | 32.986998 | 23.422725 | 12.8888309 | 10.1222676 | 5.51539666 | 14.81410414 | 0.249677637 |
| | 2015 | 37.8126762 | 24.7012896 | 12.0853862 | 6.51863508 | 4.39053077 | 14.19906468 | 0.29241746 |
| | 2020 | 48.56047 | 24.5677388 | 7.89431219 | 3.60113877 | 0.99674117 | 13.86400145 | 0.515597553 |
| | 2021 | 57.1190479 | 20.6191534 | 6.01997502 | 2.0862283 | 0.97546464 | 12.83677434 | 0.343356328 |
| Nuevo León | 2005 | 7.11745155 | 12.2801622 | 23.7000233 | 28.6801587 | 18.0686623 | 3.884471586 | 6.269070351 |
| | 2010 | 7.33699677 | 12.9179422 | 22.7285003 | 24.3935769 | 13.385343 | 3.378355528 | 15.85928536 |
| | 2015 | 6.53041497 | 12.0258267 | 23.7336743 | 18.9113046 | 8.49782617 | 2.50964988 | 27.79130335 |
| | 2020 | 9.04306917 | 31.3755934 | 26.0763235 | 13.6553598 | 7.41140735 | 2.180498684 | 10.25774804 |
| | 2021 | 10.8641966 | 36.266557 | 22.4135875 | 13.1548816 | 5.85338611 | 1.939360418 | 9.508030686 |
| Oaxaca | 2005 | 24.657055 | 21.1489303 | 11.4355367 | 12.6316585 | 5.42035428 | 23.08518429 | 1.621280963 |
| | 2010 | 19.9179748 | 17.7237022 | 11.5984633 | 12.8370599 | 4.86981861 | 28.634256 | 4.418725162 |
| | 2015 | 23.8480701 | 22.5284309 | 13.4459821 | 8.36868242 | 2.88634676 | 21.0672152 | 7.855272583 |
| | 2020 | 35.8640884 | 25.0405936 | 9.61738447 | 3.23627357 | 0.65389779 | 18.48439091 | 7.103371228 |
| | 2021 | 34.5523558 | 23.4868629 | 7.06871704 | 2.2747433 | 0.67279135 | 21.95959857 | 9.984931051 |

Fuente: Elaboración propia con información de la ENOE 2022.

La información contenida en el cuadro 5.1 muestra un comportamiento directo en los cuatro estados, es decir, en el periodo en estudio aumenta el porcentaje de trabajadores que perciben menos SM y disminuye el de trabajadores que obtienen un mayor número de SM. Si bien el comportamiento es directo, los movimientos no son proporcionales, estos son más bruscos en Chiapas y Oaxaca, mostrando una mayor precariedad laboral.

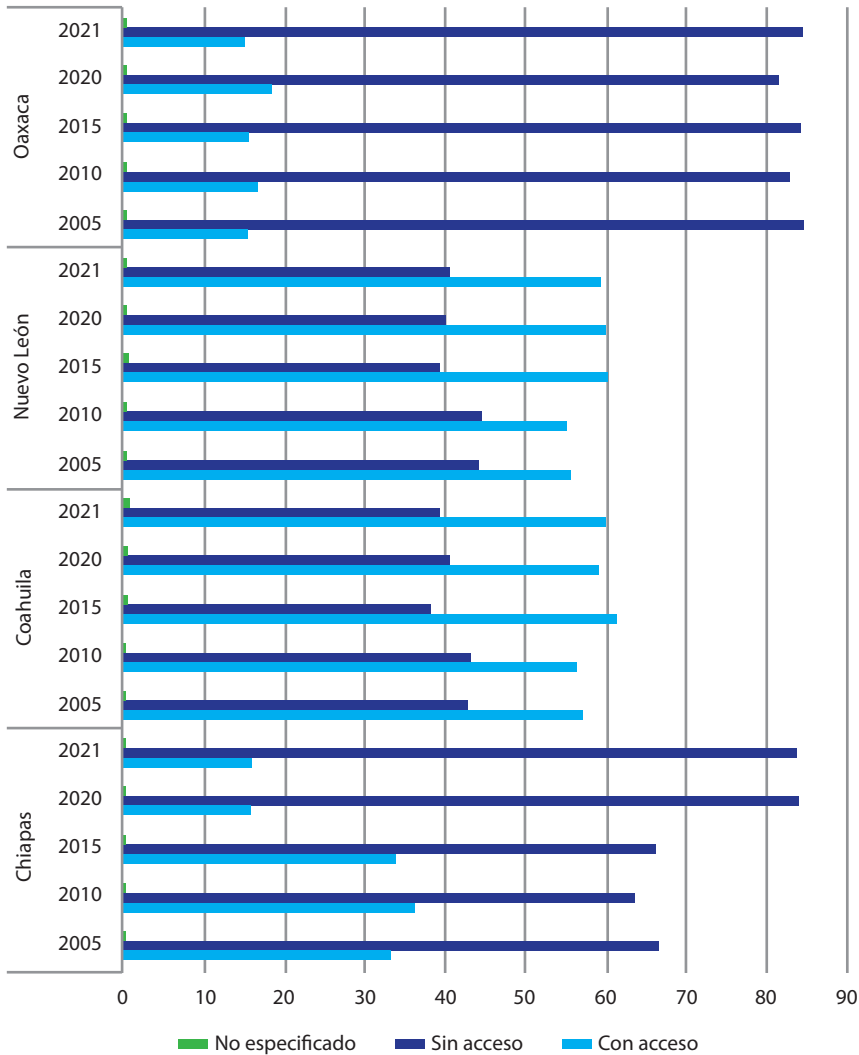
Otro indicador que sirve de termómetro para saber el buen o mal funcionamiento de un mercado laboral tiene que ver con el porcentaje de trabajadores que tienen acceso a las instituciones de salud.

La gráfica 5.7, muestra la información para las cuatro entidades seleccionadas. El comportamiento es similar a lo que se observó con el nivel de ingresos; los estados de la región norte son los que presentan los más altos porcentajes de trabajadores que tienen acceso a las instituciones de salud. Para Coahuila y Nuevo León el porcentaje de trabajadores que tienen acceso a salud está cercano a un 60%. Caso contrario sucede para los estados de Oaxaca y Chiapas: para el año 2021 solamente 15% de trabajadores en Oaxaca tenían acceso a instituciones de salud, mientras que para Chiapas la cifra es de un 16.5 por ciento.

El empleo informal, la subocupación y el empleo en condiciones críticas son tres indicadores del mercado laboral que ilustran de manera elocuente su fragilidad. La gráfica 5.8 muestra los diferenciales laborales que existen entre el norte y el sur en los indicadores antes citados. El empleo informal presenta tasas muy elevadas en Oaxaca y Chiapas, las cuales son cercanas a 80%, lo que pone en evidencia la situación crítica que viven los trabajadores en esos estados del país, asimismo ambas entidades presentan elevadas tasas de subocupación laboral y empleo en situación crítica.

En el caso de los estados del norte, las tasas de empleo informal se encuentran alrededor de 35% en promedio. En términos de informalidad laboral, la diferencia entre las entidades del norte y las del sur es de casi 40 puntos porcentuales, lo cual refleja las enormes asimetrías regionales que existen sobre esta variable.

Gráfica 5.7. Porcentaje de trabajadores con acceso a salud por entidad federativa

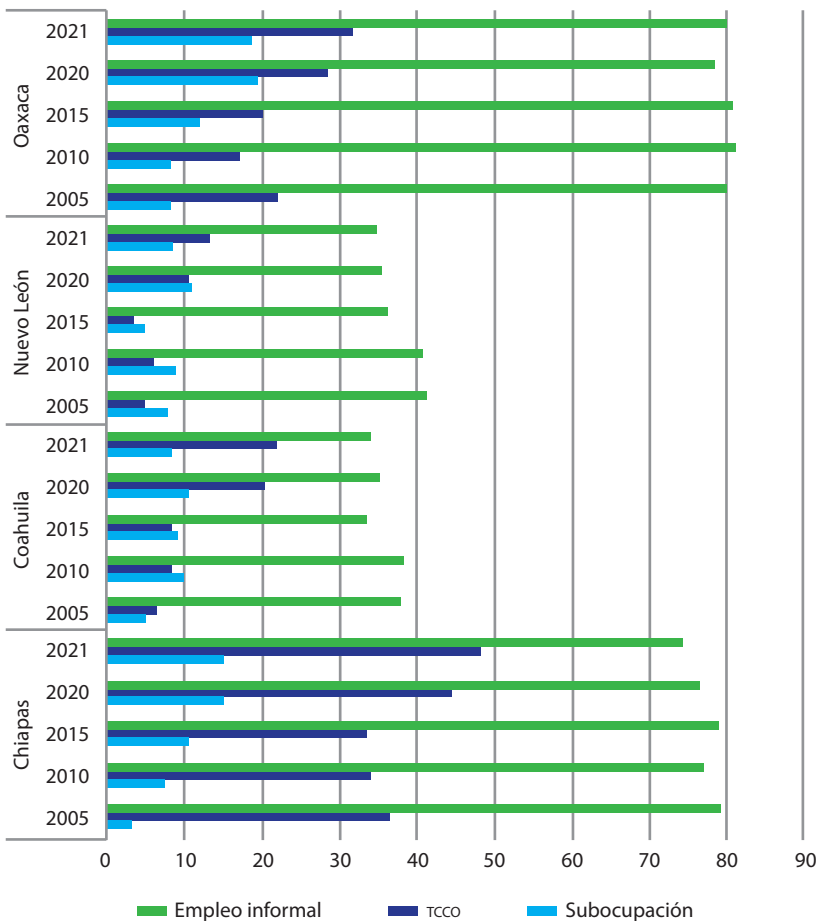


Fuente: Elaboración propia con información de la ENOE 2022.

Un dato importante que salta a la vista a partir de la gráfica 5.8, es la poca efectividad de las políticas públicas para aminorar las elevadas tasas de informalidad laboral. Las cuatro entidades federativas muestran muy poco avance en la transición de la informalidad laboral a la formalidad. Oaxaca, que es el estado con los mayores niveles de informalidad laboral a

nivel nacional, ha presentado un avance casi nulo en el periodo que va de 2005 a 2021; su tasa de empleo informal se mantiene alrededor de 80%. Por su parte, Chiapas durante el mismo periodo avanzó ligeramente, pasó de un 78% en 2005 a 14% en 2021. Coahuila presentaba cifras cercanas a 38% en 2005, para 2021 logró una disminución a 34%. En el caso de Nuevo León la tasa de empleo informal alcanzaba la cifra de 41% en 2005, para el año 2021 disminuyó a 35 por ciento.

Gráfica 5.8. Tasas de subocupación, informalidad laboral y TCCO por entidad federativa



Fuente: Elaboración propia con información de la ENOE 2022.

En cuanto al empleo en situación crítica, Chiapas es el estado con el mayor porcentaje de trabajadores en esta condición; por su parte, Nuevo León es el que mantiene las menores tasas. Coahuila es el que presenta el mayor incremento en el periodo comprendido, en 2005 alcanzaba una tasa de 6.6%, para 2021 la cifra llegaba a 33 por ciento.

El indicador que muestra los menores diferenciales entre las cuatro entidades federativas es la tasa de subocupación. Al finalizar 2021 Chiapas alcanzaba un 15%, Coahuila un 8.3%, Nuevo León 8.6% y Oaxaca un 16.6 por ciento.

5. Perspectivas del mercado laboral en México

Desde nuestra perspectiva, uno de los elementos que más ha contribuido en el deterioro del mercado laboral tiene que ver con la baja tasa de crecimiento económico que ha presentado el país desde la década de los ochenta del siglo pasado. Sumado al argumento anterior, el escaso valor agregado que se genera en México es distribuido de manera inequitativa, provocando desigualdades en las distintas regiones del país.

La figura 5.1, muestra cuánto contribuye cada entidad federativa en el PIB nacional; entre más oscuro es el color de la entidad federativa, mayor es su contribución en el PIB nacional. Para el año 2020 el estado que más contribuyó en el PIB fue la Ciudad de México con un 17.5%. Por otra parte, los estados con un color más aproximado al blanco son los que contribuyen en menor grado en el PIB. Una característica muy común de las entidades que contribuyen escasamente en la generación de valor agregado es que presentan altos índices de informalidad laboral y pobreza, tal es el caso de estados como Oaxaca, Guerrero y Chiapas.¹⁰

En la medida que las entidades federativas eleven su contribución en el PIB nacional, ofrecerán mejores condiciones para la población que vive ahí, ello requiere de políticas públicas adecuadas que fomenten la inversión en

¹⁰ Estos estados muestran altos porcentajes de su población en alguna situación de pobreza. Chiapas presenta un 75.5% de su población, Guerrero un 66.4 y Oaxaca un 61.7% (Coneval, 2021). Estados como Veracruz, Campeche y Tabasco tienen una participación importante en el PIB debido a su actividad petrolera, sin embargo, también muestran altos porcentajes de pobreza.

infraestructura, educación y salud. Para lograr ese objetivo, las entidades requieren de mayores recursos públicos, lo que implica cambios de fondo en materia fiscal.

Figura 5.1. Contribución porcentual de las entidades federativas en el PIB nacional en 2020



Fuente: Elaboración propia con información de la ENEE 2022.

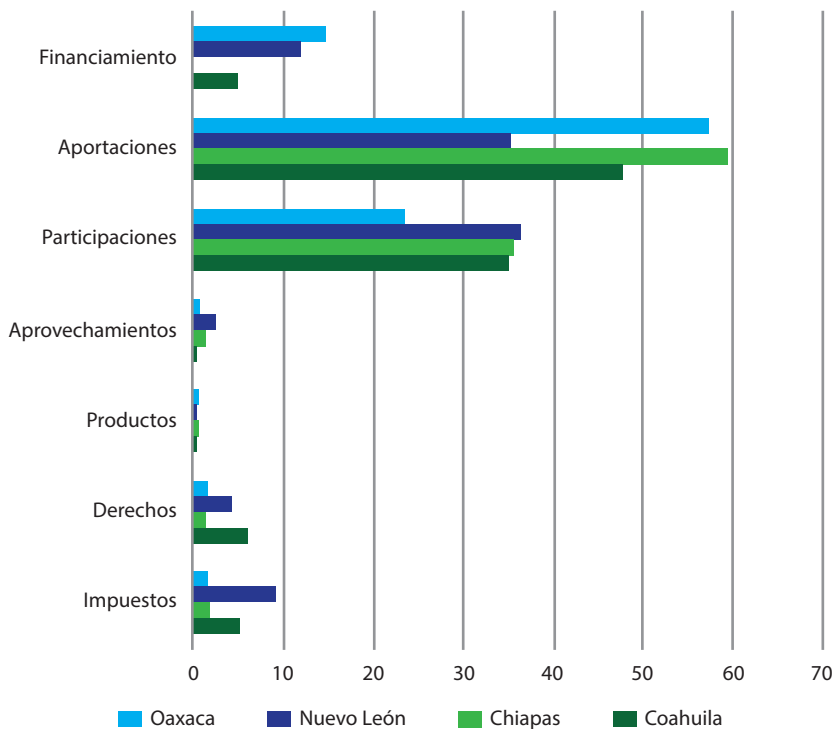
En la actualidad la mayoría de las entidades federativas depende en gran medida de los ingresos federales, son escasos los ingresos propios que generan. La gráfica 5.9, muestra la estructura de ingresos de las entidades federativas seleccionadas para el año 2020, en donde se aprecia que los ingresos de los estados en un alto porcentaje dependen de las participaciones y aportaciones federales los ingresos propios (impuestos, derechos, productos y aprovechamientos) siguen siendo muy bajos

Las entidades federativas necesitan una mayor dotación de recursos, pero también hay que señalarlo, necesitan hacer más eficiente el gasto de tal manera que pueda impactar favorablemente en la oferta y la demanda de sus economías, eso tiene efectos positivos sobre el empleo y el bienestar de las regiones.

Generar condiciones internas que propicien el crecimiento económico puede derivar en efectos positivos para el mercado laboral, reduciendo el em-

pleo informal y los problemas que de este se desprenden. Para ello es necesario adoptar enfoques específicos, amplios e interdisciplinarios, adicionando el uso de herramientas e instrumentos de diagnóstico eficientes, con el objetivo de identificar los factores y causas que impulsan la informalidad; por otra parte, se requiere coherencia normativa en toda la estrategia integrada, con el objetivo explícito de facilitar la transición hacia la formalidad (OIT, 2013).

Gráfica 5.9. Composición de los ingresos de las entidades en el año 2020



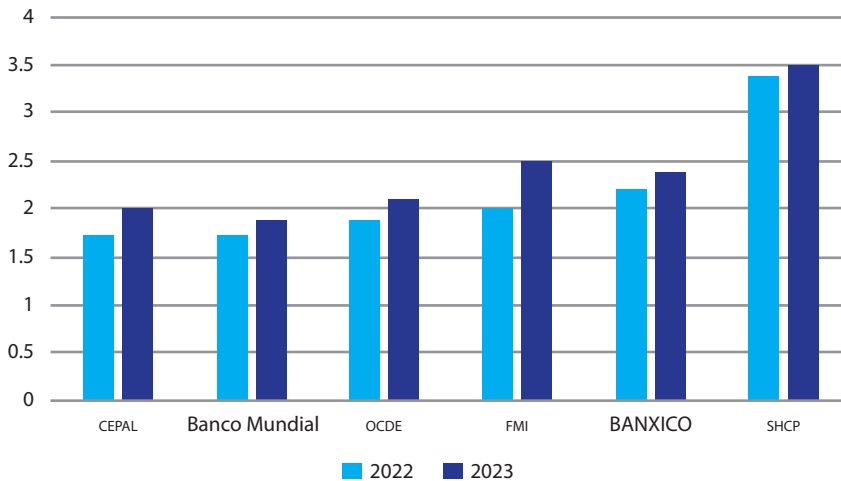
Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el mundo del trabajo se está viendo sacudido por múltiples crisis. La pandemia de Covid-19 provocó una crisis del mercado laboral sin precedentes en 2020, seguida de una recuperación desigual, incierta y frágil a lo largo de 2021. A principios de 2022, los mercados de trabajo se tambalean ahora por otras crisis causadas en gran medida por el conflicto de Ucrania, que ha pertur-

bado considerablemente el comercio y los mercados de productos básicos, con un rápido aumento de los precios, en especial el de bienes esenciales como los alimentos y la energía (OIT, 2022).

Los próximos años serán difíciles en términos de crecimiento económico para la mayoría de las economías. La gráfica 5.10, muestra las proyecciones de crecimiento económico para México. Las cifras indican una desaceleración del crecimiento en comparación con lo que ocurrió en 2021; la mayoría coincide en que el crecimiento para 2022 no rebasará el 2%, mientras que para 2023 a penas y superará los dos puntos.

Gráfica 5.10. *Proyecciones de crecimiento para México, 2022-2023*



Fuente: Elaboración propia con información de la CEPAL, Banco Mundial, OCDE, FMI, BANXICO, SHCP.

En este contexto de bajo crecimiento, de un conflicto bélico interminable en Europa y de escases de suministros en las cadenas globales de valor, se genera una tormenta perfecta, la cual alienta una espiral inflacionaria que no se puede detener y que tiene efectos devastadores sobre el empleo y bienestar de las familias. Desde la visión de las OIT (2022), hay una serie de elementos que se deben de atender, dentro de los que destacan:

- Generar las condiciones para mantener el poder adquisitivo de los trabajadores.

- Manejar de manera cuidadosa la política macroeconómica poniendo atención a las presiones inflacionarias y de deuda, sin descuidar las bases del crecimiento y recuperación del empleo.
- Proteger a los grupos vulnerables a través de la protección social de los trabajadores y la ayuda a las empresas, especialmente a las micro y pequeñas empresas, y a las que operan en la economía informal.
- A largo plazo, apoyar políticas sectoriales bien diseñadas que promuevan la creación de empleos de calidad, acompañadas de instituciones del mercado de trabajo sólidas y de diálogo social.
- Supervisar y evaluar los efectos de las múltiples crisis en el mundo del trabajo, prestando especial atención a la solución de la desigualdad y a los medios de vida y la sostenibilidad.

6. Conclusiones

En las primeras dos décadas del presente siglo el mercado laboral mexicano se ha vuelto más frágil, las políticas públicas direccionadas a superar sus rezagos han sido ineficientes, distintos indicadores así lo muestran. Uno de ellos tiene que ver con el incremento incontrollable del flujo migratorio de mexicanos hacia los Estados Unidos, quienes arriesgan su vida a cambio de encontrar mejores oportunidades laborales.

Las bajas tasas de desempleo en nuestro país son engañosas, en promedio en los últimos 20 años la tasa no rebasa el 5%. De acuerdo con la información presentada en el capítulo cuatro, el problema del mercado laboral mexicano tiene que ver con las características de la ocupación; de cada 10 empleos que genera la economía mexicana seis son informales. El empleo informal tiene efectos nocivos para la productividad de las empresas y genera fuga de ingresos en las finanzas públicas. Hay otros dos indicadores que están muy ligados a la tasa de informalidad laboral, la tasa de subocupación y la tasa de condiciones críticas de la ocupación; estos dos indicadores también han seguido un comportamiento alcista, generando una mayor precariedad de los trabajadores.

El nivel de ingresos de los trabajadores mexicanos se ha pulverizado desde finales del siglo pasado a la fecha, hoy en día los trabajadores que

ganan entre uno y dos SM representan 60% del total, mientras que los que ganan más de 5 SM únicamente son el 2.5%. Esta situación es muy grave, ya que las brechas de desigualdad laboral cada vez se amplían más, lo que puede convertirse en un vehículo que traslade a los trabajadores y sus familias a una situación de pobreza.

En 2020 apareció la crisis sanitaria del Covid-19, la cual provocó impactos profundos en la actividad económica y el empleo, ese año el PIB cayó alrededor de 8% y se perdió más de un millón de empleos. En 2021 se presentó la recuperación económica; se tenía la creencia de que en 2022 y 2023 seguiríamos la misma trayectoria de crecimiento, lo cual no sucedió debido a conflictos geopolíticos y a la escase de suministros en las cadenas globales de valor, esto último como consecuencia de la misma crisis sanitaria.

En este contexto, la generación de empleo formal y de calidad representa un desafío para los responsables de las políticas públicas, quienes deben diseñar estrategias de mediano y largo plazo, donde el centro de atención deben de ser las empresas de menor tamaño (micro y pequeñas), las cuales representan más de 95% del tejido industrial y generan más de 60% de empleo a nivel nacional.

Generar condiciones internas que propicien mayores tasas de crecimiento económico, principalmente en las entidades federativas que muestran altas tasas de informalidad laboral y pobreza, se puede lograr si se detectan y explotan al máximo las ventajas competitivas y comparativas de esas regiones.

Bibliografía

- Barreiro, F., Labeaga, J. M., y Mochón, F. (2000). *Macroeconomía Intermedia*, McGraw-Hill.
- CEPAL (2020). América Latina y el Caribe ante la pandemia del Covid-19: Efectos económicos y sociales, Informe especial COVI-19, núm. 1.
- Coneval (2021). *Evolución de la política social 2018-2020*.
- FMI (2022). Perspectivas económicas para las Américas, en *Perspectivas económicas regionales*. FMI, Washington, D. C., pp. 10-97.
- INEGI (2022). *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo*, información al primer trimestre de 2022.

- Keynes, John (1992). *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*. FCE, México. Duodécima reimpresión.
- Mankiw, G. (2010). *Macroeconomía*, Antoni Bosch (ed.). Madrid, España.
- OIT (2013). *La economía informal y el trabajo decente: una guía de recursos sobre políticas, apoyando la transición hacia la formalidad*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo, Departamento de Política de Empleo, OIT.
- OIT (2020). *El Covid-19 y el mundo del trabajo: Repercusiones y Propuestas*. Observatorio de la OIT (1a. ed.).
- OIT (2022). *Observatorio de la OIT sobre el mundo del trabajo*. Novena edición.
- Tokman, V. (1986). *Ajuste y empleo: Los desafíos del presente*, Oficina Internacional del trabajo PREALC, OIT.
- Uribe, J., Ortiz, C., y J. A. Castro (2006). Una teoría general sobre la informalidad laboral: el caso colombiano. *Revista Economía y Desarrollo*. Vol. 5, núm. 2.
- Williamson, J. (1990). *What Washington Means by Policy Reform*, en J. Williamson (ed.). *Latin American Adjustment. How Much Has Happened?*, Institute for International Economics, Washington, D. C.

Capítulo 6. Análisis de los rendimientos del ahorro para el retiro: comisiones e inflación. El caso de la Siefore básica inicial

MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ GARCÍA*

INGRID ESTEFANÍA MITRE JUÁREZ**

JOSÉ CARLOS TREJO GARCÍA***

Resumen

El cambio del modelo de beneficio definido por un modelo de contribución definida trajo consigo una implicación importante: ahora la pensión está determinada, en gran parte, por el mercado. Las administradoras de fondos para el retiro (Afores) invierten los recursos de los afiliados a través de sociedades de inversión de fondos para el retiro (Siefores) con el objetivo de obtener rendimientos. En México, la aportación que se destina a la subcuenta del retiro, cesantía en edad avanzada y vejez (RCV) es sumamente baja, pues representa solo 6.5% del salario base de cotización. Así, la rentabilidad alcanzada por los fondos termina incidiendo en el bienestar de los trabajadores, ya que de esto depende que se incremente el monto de la pensión. El presente trabajo toma el caso particular de la Siefore Básica Inicial y analiza su desempeño mediante la estimación de los rendimientos reales, considerando los efectos de la inflación y de las comisiones.

Palabras clave: *ahorro, comisiones, inflación, Siefore*

Agradecimientos: Este estudio es producto del proyecto de investigación SIP 20210495 "Comisiones e inflación: claves para el análisis de los rendimientos del ahorro para el retiro. El caso de la Siefore Básica Inicial". Se agradece al Instituto Politécnico Nacional el apoyo brindado.

* Doctor en Ciencias Económicas. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Economía, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8410-2538>

** Maestra en Ciencias Económicas. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Economía, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0315-5561>

*** Doctor en Ciencias Económicas. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Economía, Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0046-5310>

1. Introducción

Las pensiones se crearon con el fin de garantizar la seguridad de los ingresos de los trabajadores retirados, permitiéndoles alcanzar o mantener un determinado nivel de consumo para cubrir —como mínimo— sus necesidades básicas. Así, el bienestar del que gocen en la etapa de la vejez dependerá, en gran medida, de esta prestación. El monto que reciben en su vida pasiva representa la tasa de reemplazo. Martínez *et al.* (2018) refieren que, según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), “en México este indicador se ubica en 27% mientras que el valor promedio a nivel internacional es del 63%”. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es analizar el desempeño de la Siefore Básica Inicial en función de la relación que existe entre la inflación, las comisiones y el rendimiento.

Durante las últimas décadas, en un esfuerzo por adaptarse a los cambios en las condiciones demográficas, económicas y financieras, algunos países se han visto obligados a modificar sus sistemas pensionarios. En 1981, cuando los principios neoliberales ya habían empezado a tomar fuerza a lo largo de toda la región, Chile emprendió la transformación de sus instituciones, convirtiéndose en el primer país que sustituyó el esquema de reparto por el esquema de contribución definida con el objetivo de recortar la carga fiscal del Estado. Años más tarde, en 1997, México tomó la misma medida.

Este trabajo se desprende del proyecto de investigación SIP 20210495, y se agradece el apoyo al Instituto Politécnico Nacional.

2. Evolución y desempeño del sistema de pensiones mexicano

Los esquemas de beneficio definido están basados en la “solidaridad intergeneracional”, cuyo propósito es que las diferentes generaciones de personas que conforman una sociedad se integren y cooperen entre ellas. De este modo, los trabajadores activos financiaban las pensiones de todos los trabajadores jubilados, en tanto que el Estado ejercía la administración plena de dichos recursos, garantizando el derecho humano a la seguridad social. El monto final de

la pensión se calculaba con base en las semanas de cotización, la edad de retiro y el último salario percibido. El SNTE (2014) indica que: un plan de beneficio definido está totalmente fondeado si el valor presente de los ingresos del sistema es mayor o igual al valor presente de los gastos del mismo. Cuando no es así, existe un déficit actuarial que obliga al patrocinador (en este caso, al gobierno) a solventar el faltante, ya sea mediante aportaciones propias, incrementando el nivel de contribución de los trabajadores o ajustando los requisitos de edad y años de cotización (p. 6).

Así pues, la gestión de los recursos también jugó un papel importante en la decisión de reformar el sistema. La implementación del nuevo esquema respondió a una serie de problemáticas presentes en la coyuntura que México vivió durante la década de los ochenta, cuando la economía seguía sufriendo las consecuencias de la crisis de 1976. Factores demográficos como el aumento en la esperanza de vida y la reducción de la tasa de natalidad también influyeron. De acuerdo con Martínez (2020), “la adopción del nuevo modelo separó a los trabajadores en dos grandes grupos: la generación de transición (los que ya estaban cotizando y podían decidir bajo qué ley jubilarse) y la generación Afore”.

Bajo el esquema de contribución definida, el trabajador realiza aportaciones a lo largo de su vida laboral y se depositan en su cuenta individual junto con las cuotas del empleador y del gobierno; de esta manera, ya no se garantiza un ingreso para las personas afiliadas porque el monto de la pensión depende de dichas contribuciones. A partir de 1997 la conducción de los recursos pasó a ser responsabilidad de las administradoras de fondos para el retiro, mejor conocidas como Afores. Estas organizaciones invierten el dinero en fondos especializados llamados Siefores con el propósito de generar rendimientos.

Otro punto clave para analizar la evolución del sistema pensionario mexicano es la Reforma al Régimen de Inversión que se dio en 2019, cuyo fin fue ofrecer más alternativas de inversión y mejorar las herramientas de defensa ante periodos de alta volatilidad. La característica principal del esquema de multifondos bajo el cual operaban las Afores era que la edad del trabajador determinaba la asignación de la Siefore.

Anteriormente existían cinco fondos y los recursos se transferían de uno a otro siguiendo este mismo principio, lo cual implicaba un desaprovecha-

miento de los rendimientos de largo plazo porque el dinero tenía que retirarse de las inversiones actuales para llevarlo a la siguiente Siefore.

La transición a los fondos generacionales busca corregir la problemática mencionada. El nuevo esquema está basado en el Modelo de Ciclo de Vida, cuyo fundamento es que la exposición de la cartera al riesgo está sujeta, en todo momento, a la edad de retiro. Así, los recursos del trabajador no cambian de Siefore porque la estrategia de inversión se adapta a lo largo del tiempo, permitiendo un nivel de riesgo superior durante las primeras etapas de su vida activa.

A raíz de esta reforma, los cuentahabientes se concentran en 10 grupos con cortes quinquenales de edad y de conformidad con su año de nacimiento. Según la Consar (2019a), “un corte de edad de cinco años permite ofrecer una estrategia de inversión que atiende las necesidades de los afiliados más jóvenes y de los afiliados de mayor edad del mismo rango”. Además de beneficiarse de los rendimientos de largo plazo, el régimen actual suaviza los efectos que traen consigo las modificaciones al plan de inversión, todo esto con el objetivo de maximizar la pensión esperada e incrementar la tasa de reemplazo.

Las administradoras cobran una comisión anual sobre el porcentaje del saldo acumulado en la cuenta del trabajador. Hasta 2019, México estaba dentro de los países con el nivel de comisión más alto, de acuerdo con datos de la Consar (2019b). No obstante, las empresas y las autoridades correspondientes han tomado medidas efectivas para reducirlo, pasando de 1.70% en 2009 a 0.58% en la actualidad. La disminución más importante se dio de 2021 a 2022 como resultado de la más reciente reforma al sistema de pensiones. Conviene resaltar que el porcentaje de comisiones varía de una administradora a otra, aunque siempre está sujeto a la aprobación de la comisión. Históricamente, PensionISSSTE cobra menos por la gestión de las cuentas individuales, siendo la única Afore pública.

A fin de analizar el comportamiento de los rendimientos de la Siefore Básica Inicial (para personas nacidas a partir de 1995), los datos se contrastan con el desempeño de la Siefore Básica 4 (para trabajadores menores de 36 años) correspondiente a los multifondos. Bajo el esquema anterior, Profuturo, SURA, Citibanamex y PensionISSSTE registraron, respectivamente, el Indicador de Rendimiento Neto más alto. Con la migración hacia los

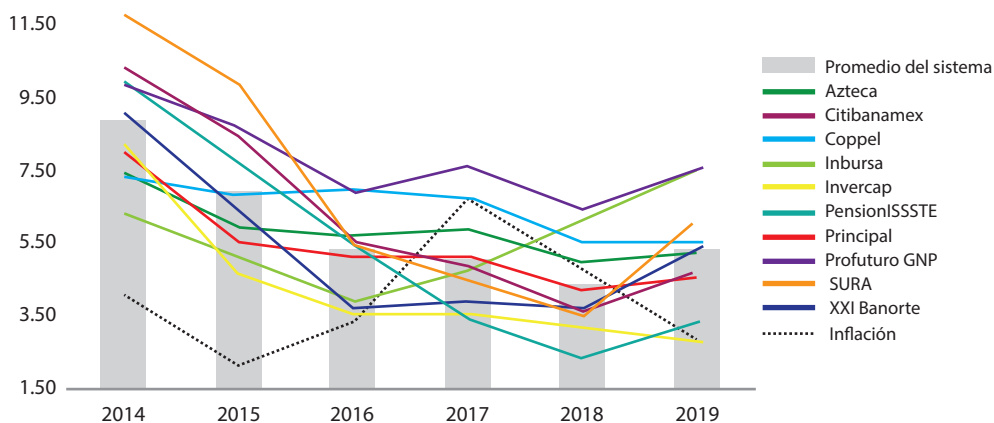
nuevos fondos generacionales, Profuturo y SURA se mantienen, en tanto que Coppel ocupa la tercera posición.

El indicador de rendimiento neto (IRN), sin embargo, no toma en cuenta el impacto de la inflación. Los autores Fajer y Ortiz (2012) sugieren que el parámetro para evaluar los resultados de las Afores debería ser “un Índice de Rendimiento Real que indique el verdadero crecimiento de los fondos una vez descontada la inflación y las comisiones”. En este sentido, a lo largo del presente trabajo se calculan los rendimientos reales de ambas Siefores con el propósito de comparar los dos esquemas y su respectivo régimen de inversión.

La inflación es el incremento sostenido y generalizado en los precios de los bienes y servicios de una economía en un tiempo determinado. Este fenómeno tiene como resultado una pérdida del poder adquisitivo del dinero. En el contexto económico que se vive actualmente, si una inversión generara un rendimiento de 3% y la tasa inflacionaria ascendiera a 7.36%, entonces se tendría un retorno negativo de 4.36%. Para enfrentar este tipo de riesgo, las administradoras destinan una gran parte del portafolio a instrumentos de deuda gubernamental, como Cetes, Bonos o Bondes.

En la gráfica 6.1 se muestra el comportamiento de la inflación y de los rendimientos con Precios de Mercado para el caso de la Siefore Básica 4.

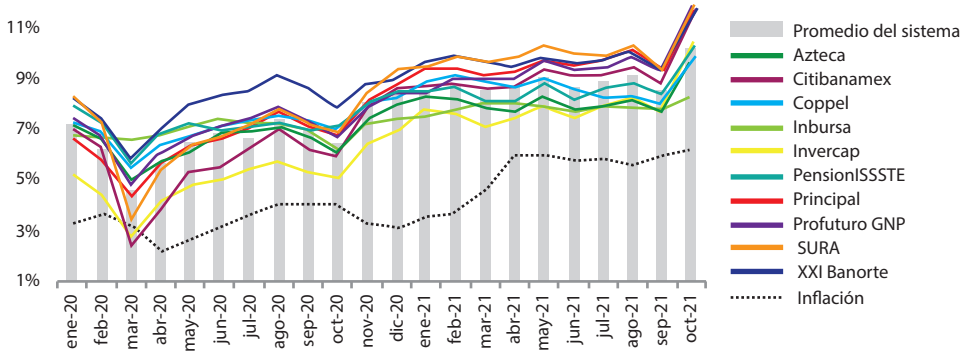
Gráfica 6.1. Rendimiento promedio por año (SB4)



Fuente: Elaboración propia con datos de la Consar, 2021.

En la gráfica 6.1 se observa que desde 2014 hasta mediados de 2016 todas las Afores registraron una rentabilidad superior a la inflación. Esta tendencia se revirtió durante 2017 debido a las presiones inflacionarias que se originaron, principalmente, por la liberalización del precio de los energéticos, las elecciones de Estados Unidos y la renegociación del TLCAN. En cuanto a los resultados de la Siefore Básica Inicial, se tiene lo siguiente:

Gráfica 6.2. Rendimiento promedio por mes (SBI)



Fuente: Elaboración propia con datos de la Consar, 2021.

De acuerdo con los datos ilustrados en la gráfica 6.2, se observa que a partir de la migración a los nuevos fondos generacionales, los rendimientos con precios de bolsa se encuentran por arriba de la tasa de inflación y registran una evidente tendencia al alza, lo que podría indicar que las últimas modificaciones al régimen de inversión sí están impactando de forma positiva sobre las estrategias de todas las entidades gestoras.

Entre los cambios más importantes se encuentran:

- Mayor porcentaje de inversión en renta variable; el límite máximo permitido para la SBI es de 50%, en tanto que el tope para la SB4 era de 45 por ciento.
- Aumento de 10% en el límite de inversión en instrumentos bursatiliados, los cuales son activos que representan derechos de crédito.
- Disminución del tope máximo de inversión en mercancías, siendo ahora de 5% para la SBI en contraste con el 10% autorizado para la SB4 bajo el esquema anterior.

La Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (Consar) diseñó un indicador de rendimiento neto para evaluar el desempeño de las administradoras, en el cual ya se incluye la deducción de las comisiones aplicables. En primera instancia, Rueda (2020) considera que el IRN por sí mismo es insuficiente para lograr el objetivo planteado porque solo toma en cuenta el comportamiento de los rendimientos en periodos anteriores sin explicar cómo se invirtieron estos recursos, es decir, en qué activos y en qué proporciones. Es importante recordar que los resultados derivados de las estrategias aplicadas por cada Afore pueden verse afectados por los cambios en el contexto económico y en las condiciones del mercado, de modo que este indicador no debe entenderse como una garantía.

3. Resultados de los rendimientos del ahorro para el retiro: comisiones e inflación

El IRN de la Siefore Básica 4 y el IRN de la Siefore Básica Inicial no son comparables porque se basan en diferentes metodologías. En el primer caso, la Consar empleaba un promedio móvil de los rendimientos de mercado calculados sobre un horizonte de 84 meses. Con la puesta en marcha de los fondos generacionales, ahora se utiliza el promedio ponderado de los promedios móviles de los rendimientos de corto, mediano y largo plazos, los cuales son relativos al costo de una renta vitalicia.¹

Fajer y Ortíz (2012) identifican una problemática importante en torno al IRN: no se cuenta con un parámetro de referencia contra el cual comparar los resultados de las Siefores, brazo ejecutor de las Afores, tal y como se hace en el mercado de capitales con el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) o bien en el mercado de dinero con la tasa líder de los CETES a 28 días (p. 193).

Lo más conveniente sería que el rendimiento real cumpla dicha función para establecer una meta mínima a alcanzar. En este sentido, los autores sugieren la siguiente fórmula:

$$Tasa Real = \left(\frac{1 + Tasa Nominal}{1 + Tasa Inflacionaria} \right) - 1 \quad (1)$$

¹ Se miden en unidad de pensión, que es el valor presente de una renta vitalicia pagadera 12 veces al año.

Considerando los últimos cinco años de existencia de este fondo de inversión, una vez que se aplica la expresión (1) a los rendimientos con precios de bolsa de la SB4, se tiene lo siguiente:

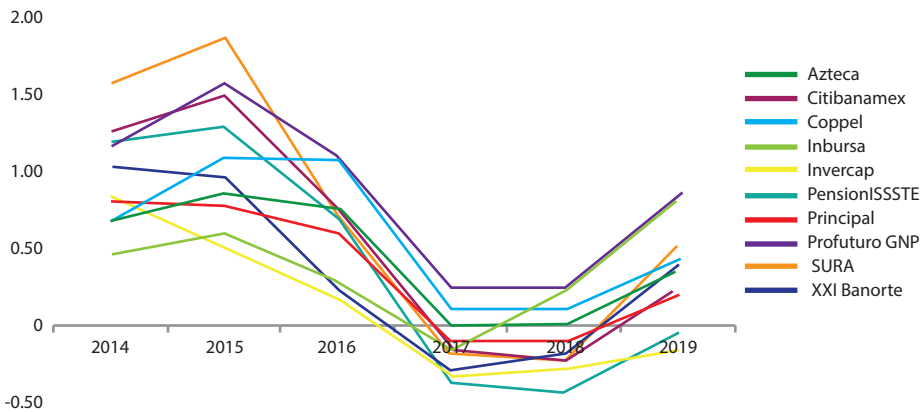
Cuadro 6.1. Rendimientos reales por año (últimos 36 meses, SB4)

| Afore | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Azteca | 0.68 | 0.86 | 0.76 | -0.01 | 0.02 | 0.36 |
| Citibanamex | 1.27 | 1.51 | 0.73 | -0.16 | -0.22 | 0.24 |
| Coppel | 0.67 | 1.10 | 1.09 | 0.11 | 0.10 | 0.42 |
| Inbursa | 0.46 | 0.61 | 0.29 | -0.16 | 0.21 | 0.83 |
| Invercap | 0.84 | 0.51 | 0.19 | -0.33 | -0.28 | -0.17 |
| PensionISSSTE | 1.19 | 1.30 | 0.71 | -0.36 | -0.42 | -0.04 |
| Principal | 0.81 | 0.77 | 0.61 | -0.11 | -0.12 | 0.20 |
| Profuturo | 1.18 | 1.59 | 1.09 | 0.25 | 0.27 | 0.83 |
| SURA | 1.56 | 1.88 | 0.71 | -0.20 | -0.23 | 0.54 |
| XXI Banorte | 1.02 | 0.97 | 0.24 | -0.29 | -0.20 | 0.39 |

Fuente: Elaboración propia con datos de la Consar, 2021.

Los resultados del Cuadro 6.1 se ilustran a continuación:

Gráfica 6.3. Tasa de rendimiento real por año-36 meses (SB4)



Fuente: Elaboración propia con datos de la Consar, 2021.

En la gráfica 6.3 anterior se puede observar que después de registrar rendimientos positivos en términos reales durante al menos tres años consecutivos, a partir de 2017 esta sociedad se vio afectada por el nivel que alcanzó la tasa inflacionaria en el país, siendo Profuturo la entidad con mejor desempeño. Durante el último año de operación de los multifondos, la mayoría de las Afores se recuperó —con excepción de Invercap y Pension ISSSTE—, aunque sin regresar a los niveles reportados en 2016.

Enseguida se calcula la tasa real para el caso de la SBI.

Cuadro 6.2. Rendimientos reales por trimestre (últimos 36 meses, SBI)

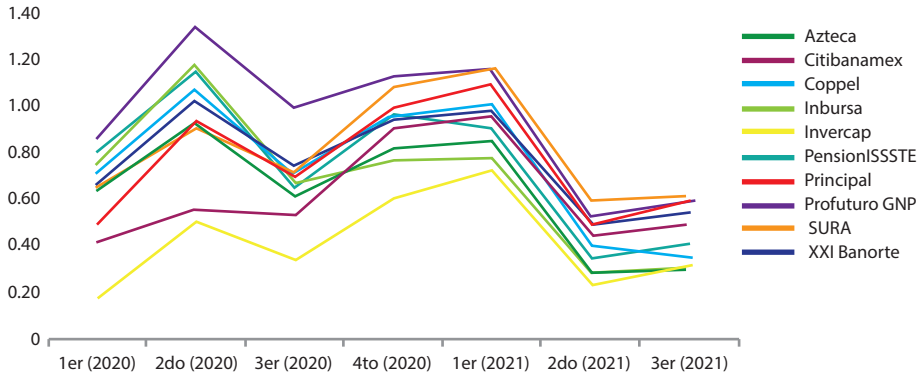
| Afore | 2020 | | | | 2021 | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1er | 2do | 3er | 4to | 1er | 2do | 3er |
| Azteca | 0.65 | 0.93 | 0.62 | 0.83 | 0.86 | 0.29 | 0.32 |
| Citibanamex | 0.41 | 0.56 | 0.54 | 0.91 | 0.96 | 0.45 | 0.49 |
| Coppel | 0.72 | 1.08 | 0.72 | 0.97 | 1.01 | 0.40 | 0.35 |
| Inbursa | 0.75 | 1.18 | 0.67 | 0.77 | 0.78 | 0.28 | 0.30 |
| Invercap | 0.17 | 0.51 | 0.33 | 0.61 | 0.73 | 0.24 | 0.32 |
| PensionISSSTE | 0.81 | 1.16 | 0.66 | 0.98 | 0.91 | 0.35 | 0.41 |
| Principal | 0.51 | 0.94 | 0.71 | 1.00 | 1.10 | 0.51 | 0.58 |
| Profuturo | 0.86 | 1.35 | 1.00 | 1.13 | 1.17 | 0.53 | 0.59 |
| SURA | 0.66 | 0.91 | 0.72 | 1.09 | 1.16 | 0.59 | 0.61 |
| XXI Banorte | 0.67 | 1.03 | 0.75 | 0.95 | 0.98 | 0.50 | 0.56 |

Fuente: Elaboración propia con datos de la Consar, 2021.

En contraste con la Siefore Básica 4, la nueva sociedad no muestra rendimientos reales negativos en ningún periodo. Conviene tener presente que, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021), México cerró con una inflación de 7.36% en diciembre de 2021, superando el 6.77% que se reportó en 2017. En este sentido, la Siefore Básica Inicial se enfrenta a presiones inflacionarias superiores derivadas de la recuperación económica post Covid-19, de modo que las modificaciones al régimen de inversión sí están teniendo una repercusión efectiva sobre las estrategias de las Afores.

Enseguida se presenta la gráfica correspondiente al cuadro anterior:

Gráfica 6.4. Tasa de rendimiento real por trimestre – 36 meses (SBI)



Fuente: Elaboración propia con datos de la Consar, 2021a.

Una vez más, Profuturo se posiciona como la organización más competitiva de todo el sistema. En la gráfica 6.4 se observa que a partir del primer trimestre de 2021 los rendimientos siguieron una tendencia decreciente, cuyo comportamiento está relacionado con el incremento en los precios de los bienes y servicios de la economía a nivel global. Si México se enfrentara a un escenario más estable, en donde la inflación se acercara mucho más al objetivo del Banco de México, los resultados de la SBI serían superiores.

Como se mencionó previamente en la introducción del presente trabajo, la última reforma al sistema pensionario también ha tenido resultados favorables en materia de comisiones. El porcentaje que se cobra sobre el saldo acumulado en las cuentas individuales ha disminuido de forma paulatina y constante, reflejándose en los rendimientos con precios de mercado, tanto en términos nominales como en términos reales, lo que beneficia directamente al trabajador. Aunque todavía es muy pronto para evaluar los resultados de la decisión más reciente de la Consar, la reducción de 81% al 56% representará un aumento importante en la tasa de reemplazo.

Previamente se mencionó que para computar el indicador de rendimiento neto (IRN) se emplea el promedio ponderado de los promedios móviles

de los rendimientos de corto, mediano y largo plazos, de conformidad con lo siguiente:

Cuadro 6.3. Ponderaciones para el cálculo de los promedios móviles

| Horizonte | Ponderación |
|--------------------------|-------------|
| Corto plazo – 36 meses | 20% |
| Mediano plazo – 60 meses | 30% |
| Largo plazo – 120 meses | 50% |

Fuente: Consar, 2020d.

La metodología se basa en la fórmula descrita a continuación:

$$IRN_i^t = \sum_{j=1}^3 P_j \left(\frac{\sum_{T=t_0}^t r_{up(T-n_j, T)}^i}{\text{Número de días hábiles entre } t_0 \text{ y } t} \right) \quad (2)$$

donde

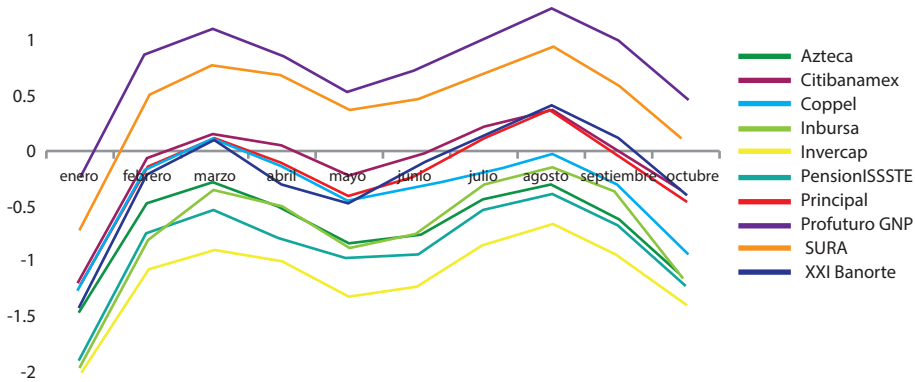
- $r_{up(T-n_j, T)}^i$ Rendimiento de mercado en UP
- P_1, P_2, P_3 Peso de ponderación
- n_1, n_2, n_3 Periodo expresado en días naturales
- t_0 Fecha que resulta de restar 6 meses a t
- t Fecha para la que se calculará el IRN

Antes de desarrollar la expresión (2) es necesario asegurarse de que el precio de mercado está en unidades de pensión para calcular el rendimiento. Dado que el IRN no contempla el impacto de la inflación, en este trabajo se sustituye el rendimiento de mercado por la tasa de real de rendimiento con el objetivo de que el indicador pueda evaluarse en términos reales, quedando expresado de la siguiente forma para la Siefre Básica Inicial:

$$IRNR_{2021}^{SBI} = 0.20 \left(\frac{TR_{UP(2018,2021)}^{SBI}}{126} \right) + 0.30 \left(\frac{TR_{UP(2016,2021)}^{SBI}}{126} \right) + 0.50 \left(\frac{TR_{UP(2011,2021)}^{SBI}}{126} \right) \quad (3)$$

Gráficamente se tiene,

Gráfica 6.5. IRNR por mes 2021 (SBI)



Fuente: Elaboración propia con información del gobierno de la República, 2017.

De la gráfica 6.5 se puede inferir que, al descontar la tasa de inflación, el IRN decrece y toma valores negativos, con excepción de Profuturo y SURA. El contexto económico actual dificulta que los beneficios de esta nueva sociedad sean correctamente percibidos. Tal y como se mostró en el cuadro 6.2, la transición a los fondos generacionales ha sido positiva para los rendimientos de la Siefore Básica Inicial. El indicador de rendimiento neto real no alcanza a reflejar todavía estos efectos debido a las presiones inflacionarias.

4. Conclusiones

La consecuencia más importante que trajo consigo la reforma al sistema pensionario de 1997 es que las pensiones dejaron de garantizarse. Aunque la seguridad social depende del Estado, esta prestación ya no se ve como un derecho universal sino más bien como una forma de ahorro cuya responsabilidad pasa a ser fundamentalmente de los trabajadores, pues el monto percibido al momento de su jubilación ahora está en función de las contribuciones que realicen a su cuenta individual durante toda su vida activa.

Las modificaciones al régimen de inversión han hecho posible que las Afores mejoren sus estrategias mediante la ampliación de los activos apro-

bados y de sus proporciones. En particular, el aumento que refiere al límite máximo permitido en instrumentos de renta variable ha tenido efectos positivos sobre los rendimientos. Toda inversión enfrenta un determinado grado de volatilidad y los resultados obtenidos dependen de las condiciones económicas que impactan los mercados financieros.

A lo largo del presente trabajo se describió la importancia de considerar la tasa inflacionaria al evaluar los rendimientos, esto con el propósito de medir el desempeño que registraron en términos reales. Del análisis anterior se puede concluir que bajo el esquema de los fondos generacionales, tanto la inflación como las comisiones afectan en menor medida a los rendimientos alcanzados por la Siefore Básica Inicial.

Bibliografía

- Consar (2019a). Preguntas y respuestas SIEFORES generacionales. Comisión Nacional del Ahorro para el Retiro. Consultado el 11 de agosto de 2021 en <https://www.gob.mx/consar/documentos/preguntas-y-respuestas-siefores-generacionales>
- Consar (2019b). Las comisiones que cobran las Afores. Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro. Consultado el 29 de noviembre de 2020 en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/474634/BP-20_2019_COMISIONES_DE_LAS_AFORE_VF.pdf.
- Consar (2020d). Disposiciones de carácter general de la Consar. Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro. Consultado el 09 de diciembre de 2020 en https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5346620.
- Consar (2021a). Rendimientos Siefore Básica y Adicional. Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro. Consultado el 20 de mayo del 2021 en <https://www.gob.mx/consar/articulos/rendimientos-siefore-basica-y-adicional?idiom=es>.
- Consar (2021b). Información Estadística. Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro. Consultado el 24 de diciembre de 2021 en <https://www.consar.gob.mx/gobmx/aplicativo/siset/Enlace.aspx>.
- Fajer, M., y Ortiz, C. (2012). Efectividad, rendimiento y desempeño del sistema de pensiones en México: estudio comparativo de las empresas oferentes: Afores. *INCEP-TUM*, 2(13), 204.
- Gobierno de la República (2017). Portal de Datos Abiertos. Gobierno de la República. Consultado el 15 de noviembre de 2021 en <https://datos.gob.mx/busca/dataset?organization=consar>.
- INEGI (2021). Índice Nacional de Precios al Consumidor. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Consultado el 8 de octubre de 2021 en <https://www.inegi.org.mx/temas/inpc/>.

- Martínez, K., Villareal, L., y Villalpando P. (2018). Tasa de Reemplazo: Un análisis prospectivo y por segmento para las administradoras de fondos de ahorro para el retiro en México. UANL. Consultado el 15 de septiembre de 2021 en <https://revistainnovaciones.uanl.mx/index.php/revin/article/view/280/275>.
- Martínez, J. (2020). México: Propuesta para un nuevo sistema de pensiones. Conferencia Interamericana de Seguridad Social, 4. Consultado el 28 de agosto de 2021 en <https://ciss-bienestar.org/wp-content/uploads/2020/03/propuesta-para-un-nuevo-sistema-de-pensiones.pdf>.
- Rueda, A. (2020). ¿Es adecuado el IRN para decidir el cambio de Afore? *Funds Society*. Consultado el 18 de mayo de 2021 en <https://www.fundssociety.com/es/opinion/es-adecuado-el-indicador-de-rendimiento-neto-irn-para-decidir-el-cambio-de-afore>.
- SNTE (2014). Diplomado en Seguridad Social. Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación. Consultado el 25 de noviembre de 2022 en <http://optisnte.mx/wp-content/uploads/2014/04/U1-Pensiones-de-un-Sistema-de-Beneficios-Definidos-M%C2%A2dulo-2.pdf>.

Capítulo 7. La política científica, tecnológica y de innovación como instrumento de desarrollo en México

KATYA AMPARO LUNA-LÓPEZ*

JAVIER JASSO**

Resumen

En este trabajo se analiza la situación que prevalece en México en materia de ciencia, tecnología e innovación al 2022, a fin de perfilar los retos a los cuales se enfrenta el país en torno a la política pública en la materia. Se enfatiza no solo la mejoría en el desempeño competitivo, sino también el del bienestar social. Se presenta información sobre los esfuerzos que realiza el gobierno a través de los diversos instrumentos de política pública implementados en años recientes. Posteriormente se analizan los resultados alcanzados, donde resalta la baja inversión del sector privado, así como las dificultades para vincular a los agentes del sistema de innovación, principalmente.

Palabras clave: *Ciencia y tecnología, política pública, desarrollo económico*

Introducción

México se encuentra transitando hacia un esquema de política económica alternativa. Tras tres décadas de políticas neoliberales y reformas estructu-

* Doctora en Economía. Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8884-992X>

** Doctor en Economía. Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Nacional Autónoma de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5305-9936>

rales, el país votó en julio de 2018 por un cambio en la orientación del conjunto de políticas públicas que contribuyan a resolver o paliar los graves problemas estructurales asociados con el atraso científico-tecnológico, disminuyendo la desigualdad, la pobreza y la corrupción con miras a mejorar los niveles de vida de los mexicanos. En la actual era de la economía del conocimiento, el desarrollo de las capacidades de innovación y de aprendizaje son consideradas como los recursos más relevantes que impactan no solo la productividad y la competitividad empresarial, sino que brinda soluciones a los principales problemas sociales (salud, educación o violencia).

En este capítulo se analiza la situación y características de la política pública de ciencia, tecnología e innovación (CTI) mexicana. La estructura del trabajo se compone de cinco apartados de acuerdo con la metodología y marco analítico seguido. En el primero se presenta la introducción; en el segundo se aborda el marco analítico y se hace una reflexión teórica acerca de las políticas públicas, enfatizando en las de CTI, y se presenta una breve revisión histórica de la política en México; en el tercero se muestra un somero diagnóstico de la situación de la CTI en México; en el cuarto se plantean los retos que consideramos útiles para la discusión y en el último apartado emitimos las conclusiones.

2. La política de ciencia, tecnología e innovación en México. Una revisión histórica

La perspectiva de la administración pública considera que la política pública abarca las acciones y decisiones del gobierno federal, estatal o local para orientar, planear o solucionar los diversos problemas de una comunidad que implica un proceso integrador de múltiples instrumentos propuestos por entes gubernamentales y deseablemente sociales con miras a prevenir o solventar una problemática particular (Velásquez, 2009). Es decir, la política pública integra diversas iniciativas, explícitas o tácitas, a partir de lo cual el Estado manifiesta su postura frente a cuestiones relacionadas con los múltiples aspectos sociales (Oszlak y O'Donnell, 1995).

El marco analítico

La metodología seguida es exploratoria y se basa en documentar la evolución histórica de la política de CTI en México para reflexionar acerca de la situación actual. El trabajo es abordado en dos perspectivas, una que abarca la CTI y la otra el ámbito de las políticas públicas. Desde la perspectiva de la CTI el análisis considera la economía, el crecimiento y la competitividad de las empresas desde una perspectiva territorial (Solow, 1956; Romer, 1990; Scheel Mayenberger, 2013), y también el de una perspectiva sistémica, de inclusión e innovación social, aun cuando el fomento se orienta primordialmente hacia los sectores tecnológicamente más dinámicos (Arocena y Sutz, 2014; Casas, 2015; Valenti, 2008). Es decir, son consideradas como unidades de análisis al gobierno, las empresas e individuos, y las instituciones de ciencia y tecnología. En esta perspectiva se busca minimizar el riesgo en torno al éxito en los resultados de investigación, desarrollo e innovación (en adelante I+D+).

Por su parte la política pública se guía de normas, reglamentos, programas, planes e instrumentos, siendo estos los medios a partir de los cuales se le da rumbo y dirección a la política pública, que para el caso de las orientadas a incentivar la CTI pueden clasificarse en cinco categorías, en función de su impacto en el desarrollo de las capacidades científicas y tecnológicas: 1) de promoción de la demanda de tecnología local; 2) para el desarrollo de infraestructura de CyT y tecnología local; 3) de absorción de tecnología por las empresas industriales; 4) regulación de importación de tecnología; y 5) de promoción de empresas de base tecnológica (Sagasti, 2010). Si bien la política de CTI mexicana pudiera sugerirse que inicia desde la década de 1930 con la creación de instituciones científicas y tecnológicas para atender sobre todo problemas como la salud y de educación, en el periodo de construcción de importantes instituciones públicas y el papel de un Estado impulsor de grandes inversiones públicas en servicios públicos, es hasta la década de 1970 y siguiendo las acciones y estrategias seguidas en otros países de América Latina, con la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (en adelante Conacyt), que se institucionalizan los esfuerzos en la materia.

Estos elementos se integran en dos rubros de la política de CTI, que son el diagnóstico y las recomendaciones y evaluación de la política de CTI abordados en el texto. Para ello se utilizan fuentes de información de instituciones públicas que incluyen diversos estudios e indicadores, que son la pauta para dar luz a los hechos estilizados identificados en la trayectoria de la política de CTI en México y a partir de ello plantear los retos y alternativas a los que se enfrenta actualmente el país.

Los inicios. El papel del Estado y de un modelo de industrialización

México como país surge de una guerra de independencia iniciada en 1810 y concluida en 1821. En el siglo XIX y hasta principios del XX el país se fue creando y sobreviviendo, enfrentando varias invasiones de otros países como Francia, España y Estados Unidos, y ya en la etapa porfirista se establece una estabilidad económica que permite construir instituciones de fomento a la educación, la ciencia y la tecnología.

Para el comienzo del siglo XX México era una economía preponderantemente rural con altos índices de analfabetismo y pobreza. Con la Revolución mexicana iniciada en 1910 el país se reconfigura y se redefine el rumbo enmarcado en las nuevas reglas y grupos dirigentes. En los años treinta hay una orientación importante para apoyar la ciencia y la tecnología, impulsando fuertemente la educación básica que se consagra en la Constitución Política del país en 1917 y que la define como obligatoria y gratuita. Adicionalmente se crean instituciones financiadas por el Estado para atender los graves rezagos sociales, como salud, alimentación, vivienda, educación y actividades productivas. Esta etapa es la que se considera como el punto de partida de la política de ciencia y tecnología en México y que a partir de los cuarenta impulsan una política de industrialización basada en el modelo impulsado por la recientemente creada CEPAL, denominado Modelo de Industrialización por Sustitución de Importaciones. En este periodo se crean importantes instituciones y se definen medidas de política pública orientadas a crear una industria nacional apoyada por medidas de política comercial, industrial y monetaria. La ciencia orienta en alguna medida la política pública.

La creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Del modelo lineal al sistémico

En el año 1970, con la creación del Conacyt, la política de CTI se institucionaliza y se definen normas y planes específicos, en gran medida inspirados en los recientes consejos de CyT creados en algunos países de América Latina en los años previos. El enfoque se centra en registrar y regular la transferencia de tecnología y en crear instrumentos de política específicos (figura 7.1).

Figura 7.1. *Cronología de hitos de la política de ciencia, tecnología e innovación mexicana*

| Etapa 1. <i>Empuje de la ciencia</i> | Etapa 2. <i>Enfoque en la ciencia y la tecnología. Creación de instrumentos y regulación de la tecnología</i> | Etapa 3. <i>Ajuste y transformación de la política de ciencia y tecnología</i> | Etapa 4. <i>Enfoque sistémico, con orientación a la innovación y la competitividad, focalización en problemas nacionales</i> | Etapa 5. <i>Enfoque en problemas estratégicos y las humanidades</i> |
|--|--|---|---|--|
| 1930-1969 | 1971-2000 | 1981-2000 | 2001-2007 | 2019-2022 |
| | 1970. Creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) | | 2001. Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECYT 1) | 2020. La CyT se inscribe en la Constitución Política. Se propone una nueva Ley de Humanidades, Ciencia, Tecnología e Innovación. |
| Creación de instituciones científicas y de atención social | Promulgación de la política nacional y programas en ciencia y tecnología | Eliminación de instrumentos y reducción de apoyos a la realización de actividades CyT | 2002. Promulgación de la Ley de Ciencia y Tecnología | 2021. Programa Especial de Ciencia y Tecnología e Innovación (PECYT 3) |
| | | | Creación del Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación | Reestructuración y eliminación de instrumentos como los fideicomisos de apoyo a la ciencia, la tecnología y la innovación |
| | | | Creación del Foro Consultivo Científico y Tecnológico | Centralización de la política pública de CyT |
| | | | 2015. Modificación a la Ley Ciencia y Tecnología (enfoque en la vinculación y transferencia de conocimiento) | |

Fuente: Elaboración propia.

Con las crisis de la deuda en los años ochenta se cambia el modelo económico y la política de CyT pasa a un segundo plano, siendo la apertura, la desregulación y la privatización de empresas públicas la pauta para que la CyT se guíe más por el mercado que por el Estado. Los cambios en la regulación en la inversión extranjera y la eliminación de las barreras a las importaciones crean una competencia abierta a las industrias y empresas nacionales, de las cuales muchas no sobreviven. La idea de competir internacionalmente se convierte en la bandera guía de la política económica de la cual la CyT queda al margen. Con la crisis los montos de gasto público se reducen drásticamente y el efecto en los programas existentes en CyT como el de becas e incentivos a las empresas se reducen en una alta proporción.

Una vez sorteada parte de la crisis y habiendo renegociado la deuda y con el ingreso de México a la OCDE se realizan los trabajos para reordenar el sistema de CTI (OCDE, 1994). Un estudio realizado a finales de los años noventa (Cimoli, 2000) apuntaba hacia la necesidad de orientar la política de CyT hacia un enfoque en el que se cambiara de un modelo lineal a uno sistémico.

La innovación. El subsecuente elemento de la política de ciencia y tecnología

Con la creación del PECITI se inicia una nueva orientación en la política de CTI, guiada por la necesidad de interacción entre agentes, con la idea de crear y usar los conocimientos y orientarlos a impulsar innovaciones. Este período de reconfiguración puso el tema de la innovación como parte de la política de CyT. Así, Unger (2018) plantea que existen tres generaciones: la primera con múltiples incentivos para las empresas, diseñados desde una perspectiva lineal del proceso de innovación, entre los que destacan los apoyos financieros a fondo y los de tipo fiscal para la realización de investigación y desarrollo (en adelante I+D) y sin considerar la evaluación de resultados. La segunda generación impulsó las relaciones proveedor-usuario del conocimiento científico y tecnológico y las redes, en tanto que la tercera generación tuvo como principal objetivo integrar una economía del conocimiento, resaltando la importancia del aprendizaje, la vinculación, la

difusión, la masificación de las tecnologías de la información y la comunicación, así como el fomento a sectores, servicios e intangibles específicos, de alto valor agregado.

Una de las medidas de impulso a la innovación lo conformó la creación de nuevos instrumentos de apoyo a las empresas a través de incentivos fiscales, en una primera etapa, y de estímulos a la innovación en una etapa posterior, que marcan la pauta de las generaciones señaladas antes y referidas por Unger (2018). Estos incentivos fiscales buscaron incrementar la inversión privada en I+D mediante un estímulo en la forma de un crédito fiscal acreditable contra el impuesto sobre la renta por un monto de hasta 30% de los gastos e inversiones realizados en actividades de CTI (Cabrero, 2017).

Tras su abolición, en 2009 se implementó una versión modificada llamada Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), que benefició a empresas que realizan actividades de I+D, privilegiando su realización en vinculación con institutos o centros de investigación nacionales en asociación o con IES. Al respecto, de 2012 a 2013 el número de proyectos aprobados aumentó a 35%, en tanto que de 2013 a 2014 este fue de 23%. A mediados de 2017, de los 383 proyectos financiados, el 93.7% se vinculó con CPI o IES, monto mayor respecto a 2009, cuando la vinculación fue de 69% (Cabrero, 2017).

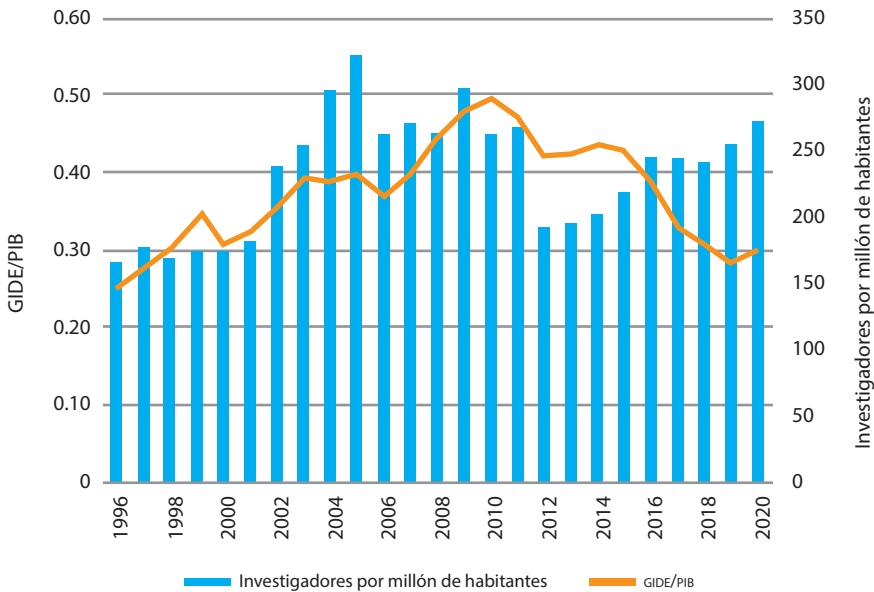
La evaluación realizada del PEI entre 2011 y 2013 por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval, 2013) concluyó que solo para el 48% de los proyectos apoyados fue determinante el financiamiento del Conacyt. En tanto que la evaluación realizada por Motezuma *et al.* (2017) señaló como impacto del PEI en Baja California, que el programa contribuyó a fortalecer el sistema regional de innovación al incentivar las vinculaciones para la innovación en 15 por ciento.

Pese a estos resultados, el programa dejó de tener vigencia en 2018, al no lanzar nuevas convocatorias en años posteriores, debido al cambio de rumbo de la política en la materia, reenfoicándola hacia el apoyo al desarrollo de proyectos de ciencia básica que atiendan determinados objetivos y problemas sociales.

3. Diagnóstico de la ciencia, tecnología e innovación en México

La economía mexicana dista de considerarse de gran capacidad innovadora en el contexto internacional (Giménez *et al.*, 2017). Ello se debe a que prevalece un bajo esfuerzo que se evidencia en la relación GIDE (Gasto en I+D Experimental) respecto al PIB y a los investigadores por millón de habitantes. En el caso del GIDE que es indicador de la inversión e IyD es evidente, sobre todo con una tendencia decreciente a partir del año 2015 y un ligero repunte en 2020. En contraste, han aumentado los investigadores y con una tendencia a contraciclo del GIDE/PIB. Este comportamiento en alguna medida refleja los cambios en la asignación de recursos y el impacto que la crisis por la pandemia de Covid ha tenido el resultado económico (gráfica 7.1).

Gráfica 7.1. México. GIDE/PIB e investigadores por millón de habitantes, 2000-2020 (porcentaje y número)



Fuente: Elaboración propia con base en UNESCO, Institute for Statistics (UIS).

Otro de los principales problemas es la baja de la vinculación entre empresas e instituciones educativas y de investigación, ocasionando pérdida en competitividad (Cabrero, 2017).

Es evidente que el gobierno le ha otorgado mayor importancia al sector reflejado en los presupuestos ejercidos en los últimos años, siendo los más significativos, además de que el Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación ha llevado a cabo más reuniones que nunca desde su creación (Cabrero, 2017).

El Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECITI)

En lo que respecta a la planeación, en México se ha realizado diversos ejercicios para orientar la nueva política de innovación que posicione al país en la frontera tecnológica competitiva (Unger, 2018). El PECITI 2014-18 reconoce que, “en el contexto global actual que demanda constantes desafíos económicos, sociales y ambientales, los países con mayor capacidad para generar nuevas ideas y nuevos desarrollos científicos y tecnológicos son los que han podido hacer frente a los grandes problemas, y son también los que han alcanzado mayores niveles de competitividad y los que dominan los mercados internacionales” (FCCYT, 2013).

En este marco de planeación se emitió la Convocatoria de Proyectos de Desarrollo Científico para Atender Problemas Nacionales, que otorga financiamiento a IES y CPI que brinden soluciones basadas en el conocimiento de frontera a los grandes problemas que aquejan a la sociedad mexicana en temas de mitigación y adaptación al cambio climático, resiliencia frente a desastres naturales y combate a la pobreza y seguridad alimentaria.

Con la llegada del nuevo gobierno, el PECITI se replanteó, siendo hasta 2021 que se publicó la planeación con un horizonte a 2024, la cual dio un giro hacia problemáticas sociales, dejando atrás el financiamiento público a empresas privadas, sobre todo transnacionales. La pandemia del SARS-CoV-2 contribuyó a justificar este nuevo enfoque, que privilegia los beneficios directos a comunidades en situación de vulnerabilidad, resaltando los impactos sociales que las actividades de ciencia y tecnología auspiciadas por el gobierno buscan producir en la sociedad.

La Ley de Ciencia y Tecnología

En 2002 se promulgó la primera ley en la materia en México con la intención de articular un sistema nacional de innovación, creando organismos dedicados a promover y gestionar las actividades de CyT y múltiples fondos de apoyo a actividades en vinculación público-privadas. Fue modificada en 2009, incluyendo el término “innovación” en la mayoría de sus apartados, pero es a la llegada del actual gobierno que se busca replantearla para destinar mayores recursos a la ciencia básica que sea considerada de frontera, limitando el otorgamiento de fondos a empresas privadas para realizar actividades de innovación, con lo cual impacten las cadenas productivas del país y se propicie el desarrollo basado en el cambio tecnológico.

La implementación de la política pública

Al analizar las capacidades tecnológicas de absorción e innovación a nivel estatal, Pérez *et al.* (2017) señalan, a partir de un análisis estadístico multivariante de clúster, que persiste la centralización de dichas capacidades en la Ciudad de México, seguido de Nuevo León y Querétaro que en años recientes ha acumulado y consolidado sobre todo su capacidad tecnológica de infraestructura. Posteriormente se encuentran Jalisco y el Estado de México, no obstante, quedan mucho más rezagados el resto de los estados del país, situación que refleja el nivel de disparidad a partir de la cual se parte para procurar igualar los niveles de desarrollo de las diversas regiones del país. Evidentemente la triada conformada por Guerrero, Oaxaca y Chiapas se encuentra al final de las estadísticas.

Por su parte Sánchez *et al.* (2015) identifican cinco conglomerados que distinguen mismo número de regiones con diferentes características innovadoras. Las zonas conurbadas de la Ciudad de México y de Monterrey presentan estructuras productivas diversificadas que destinan mayores recursos a la innovación, brindan apoyos al desarrollo científico-tecnológico y conocimiento a las estructuras productivas de otras regiones, además de ser socioeconómicamente superiores al resto del país. Por el contrario, prevalece la desarticulación de los factores de la producción en los estados de

Chiapas, Oaxaca y Guerrero, que requieren incentivar su crecimiento económico, recursos financieros y humanos.

De igual forma la educación en los niveles medio superior y superior presenta alta concentración geográfica, siendo de menos de 30% la cobertura de la educación superior y posgrados (entre 2000 y 2015), limitando la formación interna de nuevos investigadores y el mercado laboral y la atracción de inversiones debido a la carencia de personal calificado (Arechavala y Sánchez, 2017).

De acuerdo con Buendía *et al.* (2017), son seis las limitantes al progreso del potencial en CyT de México: “1) desequilibrios en la distribución espacial, 2) desarticulación de las etapas en la formación educativa, 3) recursos humanos especializados, escasos y desequilibrados, 4) producción baja y desarticulada de las prioridades nacionales; 5) baja inversión y gasto público ineficiente y, 6) baja capitalización y dependencia tecnológica”. Todo ello aumenta la concentración y desigualdad en torno a las capacidades científicas y tecnológicas, afectando la competitividad nacional e internacional.

Unger (2018) destaca cuatro aspectos a considerar en el diseño de la política pública de innovación, relacionados con el papel que han jugado las empresas que recibieron apoyos, siendo el principal ausencia de I+D en suelo mexicano, y con ello muy escasa innovación, que implica un limitado desarrollo de capacidades tecnológicas.

4. Los retos de la política de ciencia, tecnología e innovación. Hacia una economía del conocimiento incluyente

En los años por venir la CTI debiera ser un motor del desarrollo del país. La idea de consolidar una sociedad y economía del conocimiento no es nueva (Corona y Jasso, 2005), pero sigue siendo un reto aprovechar los beneficios de la CTI para mejorar las condiciones de vida de la comunidad. Desde nuestra perspectiva esta idea debiera incluir no solo la visión de competitividad impulsada en las décadas de 1980 y 1990, sino también la de atender los relevantes problemas nacionales incorporando e incentivando la parti-

cipación de otros agentes como las empresas intensivas en conocimiento y apoyando la formalización y aceleración de empresas micro y pequeñas, formales e informales, es decir, a un modelo más inclusivo y de innovación social.

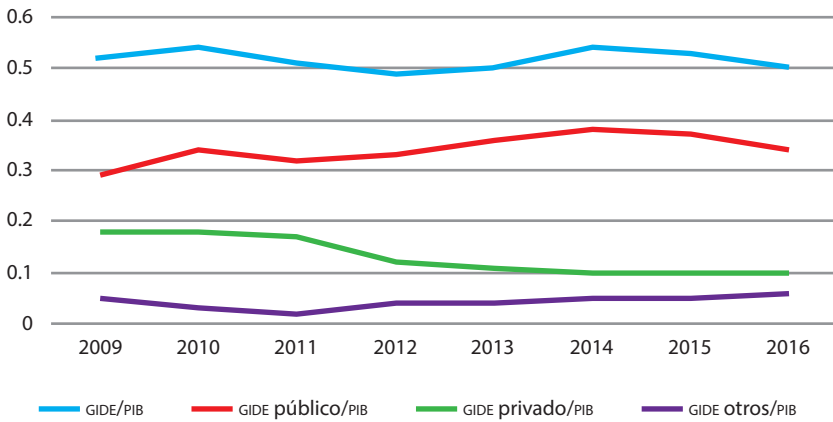
Así, el desarrollo científico y tecnológico debe ser considerado como prioritario, dado que el conocimiento que genera es en realidad un bien público, cuyo acceso debe ser considerado como un derecho humano que requiere ser promovido por el Estado, para atender los problemas y necesidades del país, y también orientarse en los paradigmas tecnológicos. Este marco sirve para integrar los diversos actores del Sistema Nacional de CTI en torno a una visión general basada en el conocimiento científico que destine los recursos económicos y humanos, diseñe políticas públicas que apoyen el progreso integral del país, sustentadas en las vocaciones regionales y las capacidades locales específicas (UNAM, 2018). Se trataría de definir una política de CTI que impulse un proceso creativo y no destructivo en el que los agentes y las instituciones actúen en un marco ético y legal (Jasso, 2013: 2021). Ello es coincidente con las estrategias (CEPAL, 2022) que revitalizan la política industrial con la de CTI para orientar las capacidades tecnológicas y productivas para abordar los desafíos del desarrollo, en las que destaca el apoyo a la investigación aplicada que se orienta a la solución de problemas productivos y sociales, sin descuidar la investigación básica que contribuye a ampliar las fronteras del conocimiento científico.

La inversión en ciencia, tecnología e innovación

Históricamente México ha tenido bajos niveles de inversión en actividades de CTI. Las estadísticas señalan que el GIDE alcanzó su máximo en 2014 con apenas 0.53% del PIB (gráfica 7.2).

Gracias a la inversión pública, se ha avanzado en apoyo al desarrollo científico y generación de conocimiento, no obstante, persiste el rezago en innovación tecnológica que brinde externalidades positivas en el crecimiento económico (Cabrero, 2017).

Gráfica 7.2. GIDE/PIB en México por sector de financiamiento, 2009-2016 (porcentaje)



Fuente: Conacyt (2016:19).

Nota: los datos de 2014 a 2016 son estimados. Datos calculados con base en información proveniente de la Encuesta sobre I+D (ESIDET) 2008, 2010, 2012 y 2014, levantada en colaboración entre el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y el Conacyt.

Paulatinamente ha decrecido el GIDE privado como porcentaje del PIB de 0.18 en 2009 al 0.10 en 2016 (gráfica 7.2). Ello revela la falta de interés del sector empresarial mexicano, pero más aún, evidencia el fracaso de los incentivos que brindan los programas públicos de apoyo a proyectos de CTI, los cuales no consiguen propiciar que cada vez mayor número de empresas inviertan en dichas actividades, y que aquellas que ya tienen experiencia en su realización amplíen su portafolio de proyectos o que los realicen de mayor envergadura, llegando a impactar el indicador antes señalado.

En este sentido vale la pena reflexionar respecto a la relativa utilidad que están teniendo programas dirigidos a las empresas, como es el PEI, el cual está cumpliendo una década de implementación y como se observa, no ha sido capaz de impactar decisivamente en la inversión que destina el sector privado. Por el contrario, pareciera ser que estaríamos ante una sustitución de recursos privados por públicos a través del acceso a los fondos implementados por el gobierno mexicano para la I+D. Como señala Unger (2018: 26), “es necesario limitar el acceso a recursos públicos de las empresas grandes de sectores maduros, que a la fecha son las que sacan mayor provecho de su experiencia y de sus recursos de gestión para acceder a todo

tipo de subsidios, incluidos aquellos a la innovación. En la práctica muchos de esos apoyos pueden ser redundantes e innecesarios para la solvencia de esas empresas”.

Ante este escenario, resulta indispensable realizar una evaluación de la adicionalidad¹ que realmente están provocando estos programas, pues resulta evidente la necesidad del rediseño de instrumento. Pues como señalan Lederman y Maloney (2003), entre mayor sea el gasto en actividades de I+D, mayor nivel competitivo tiene la economía para enfrentar nuevos retos tecnológicos.

La exigencia de invertir al menos 1% del PIB en GIDE, tal como lo señala la Ley de Ciencia y Tecnología, implica dar una mayor prioridad a la CTI y al parecer en estos años tampoco se alcanzará esta meta.

México está muy distante, al igual que en otros rubros, respecto a los países de la OCDE. Si consideramos que además la inversión mayoritaria es del sector público (70%), la debilidad es aún mayor y evidencia la poca presencia del sector productivo privado, y por ende en la probabilidad de crear nuevos bienes y servicios con un mayor valor agregado que en el mercado internacional le reporte una mejor relación de intercambio. Por ello, la interacción entre los agentes es necesaria para que haya una traslación del conocimiento creado entre ellos y que así, por ejemplo, las empresas puedan crear o mejorar sus productos y procesos o que el sector público pueda mejorar la calidad de los servicios que ofrece y en conjunto atender las necesidades de la población.

La priorización por sectores, regiones y agentes

Ya adelantamos que México ha realizado diversos ejercicios de planeación con miras a mejorar la eficiencia en los recursos. No obstante, ha sido poco eficaz para plantear una estrategia clara para potenciar tanto las ramas o sectores productivos que son factibles de remontar en competitividad a través del apoyo público, así como para promover el desarrollo regional detonando sistemas locales de innovación que promuevan el cambio tecnológico.

¹ La adicionalidad es lo que se obtiene gracias a la intervención pública, que no existiría sin ella y que responde básicamente al efecto incentivador de la política pública (Georghiou, 1994).

Este patrón se ha acentuado en años recientes. Desde la versión de Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECITI) de 2001-2006 se señalaban áreas específicas de desarrollo, no obstante, en la medida en la que no hubo ni financiamiento específico ni seguimiento e implementación con programas específicos, no hubo orientación que privilegie determinadas ramas (Foladori *et al.*, 2017), condición que prevaleció en las posteriores versiones del más relevante instrumento de política pública, en el cual el país se puede apoyar para dirigir los recursos hacia el fomento al desarrollo económico y social.

En concordancia con lo planteado por Giménez *et al.* (2017), lo realmente complicado es diseñar una política pública que fomente la innovación de la misma forma en todas las regiones, sobre todo en un país tan grande y diverso tanto en el nivel de desarrollo económico como tecnológico, por lo cual se deben diseñar políticas en la materia tomando en consideración las diferencias regionales. Si bien es complejo conocer la causa de esta tendencia a la indefinición real de sectores y regiones, que parece ser un legado histórico del corporativismo que prevaleció en el país desde la década de 1920 y con el cual se logró mantener la coerción de los diversos grupos gremiales, las experiencias internacionales demuestran que los países que realizan la definición puntual no solo de ramas sino que plantean el desarrollo tecnológico hasta nivel de productos específicos, como en su momento lo hizo Corea del Sur en la década de los 2000 al definir el desarrollo de la nueva generación de pantallas para dispositivos móviles, los cuales son productos altamente demandados en el mercado mundial, pero sobre todo en países de altos ingresos, y más recientemente en el caso de China en sectores como los de energía, dispositivos móviles y tecnologías digitales, entre otros.

En México el actual PECITI 2021-2024 define áreas y prioridades que aún dejan entrever el alcance limitado y genérico (como humanidades) que no orientan respecto a la justificación estratégica de la inversión pública, ni del impacto económico que puede generar, reenfoándose en el fomento de la ciencia básica de frontera y dejando de lado el desarrollo tecnológico en vinculación con el sector productivo, que es la punta de lanza para la innovación.

Una herramienta metodológica utilizada en diversos países como Corea del Sur e Irlanda, por citar algunos, para la definición de aquellos sectores

que tienen mayores posibilidades de desarrollo, es la prospectiva tecnológica, que brinda los posibles escenarios futuros en relación con el desarrollo tecnológico a partir tanto de análisis de patentes y de artículos científicos como de consulta a los especialistas, empresas y líderes involucrados tanto en el desarrollo como en la adopción de los desarrollos. México bien podría realizar ejercicios de prospectiva que le faciliten la toma de decisiones respecto hacia dónde priorizar los recursos, de forma estratégica, por lo que resulta pertinente destinar apoyos hacia las empresas, las cuales integran las capacidades de innovación (Unger, 2018).

La priorización debería considerar las capacidades institucionales y también las propias necesidades, aunadas a las dinámicas de la ciencia y la tecnología, esto es en las condiciones del sistema nacional de innovación y de los paradigmas tecnoeconómicos (Jasso, 2005). Esta idea de priorizar incluso podría considerar casos exitosos o de fracasos de empresas o agentes específicos que permitan impulsar el aprendizaje colectivo en la política de CTI.

La planeación, gobernabilidad y evaluación de la ciencia, tecnología e innovación

México cuenta con un gran entramado institucional encargado tanto del diseño como de la implementación de la política pública en la materia, tanto a nivel federal como en cada entidad federativa a través de los consejos estatales de CyT, pese a ello aún se detectan graves problemas para articular los esfuerzos interinstitucionales que permitan realizar sinergias entre las diversas dependencias. El Consejo General de Ciencia y Tecnología, creado para este fin, sesiona muy pocas veces al año, limitando su nivel de influencia real, no obstante, lo presida el presidente de la República, en las últimas décadas no ha tenido los resultados esperados para mejorar la implementación de los diversos programas.

Antaño se debatió ampliamente sobre la pertinencia de que México contara con una institución dedicada a la CTI del más alto nivel jerárquico, que fuera una secretaría de Estado (lo que en otros países suele denominarse ministerio) a fin de que fuera un sector de mayor relevancia y, por ende, tuviera una mayor dotación de recursos presupuestales. No obstante, dicha

propuesta ha sido dejada de lado, apelando más al funcionamiento del Consejo General como mecanismo de articulación de esfuerzos de un sector que se reconoce por la horizontalidad de su injerencia.

Parte del problema de la política de CTI radica en que no se realizan los ajustes pertinentes a los programas que se implementan debido a que se carece de evaluaciones que permitan identificar de raíz sus limitantes o imprecisiones. Si bien el país cuenta con múltiples análisis a diversos instrumentos realizados por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCT, 2006; Dutrénit *et al.*, 2013), no se les da continuidad, o bien existen otros como los del Coneval, organismo especializado en la evaluación de la política social y no de CTI, que suelen ser ejercicios de evaluación realizados de forma general al sistema, los cuales tienen particularidades que requieren un enfoque integral que permita verificar tanto el diseño del instrumento (*ex ante*) como los resultados de su implementación (*ex post*), considerando la transversalidad de los programas, dado que su impacto suele referirse en otras esferas tanto de la economía como de la política, permeando en múltiples sectores y a muy largo plazo, por lo que evaluar los impactos reales de este tipo de instrumentos conlleva un alto nivel de complejidad. Algunos (Dini y Stumpo, 2011; Dutrénit *et al.*, 2013) señalan que, si bien el Coneval evalúa algunos de los programas en la materia, no lo realiza de manera sistemática, además de usar un enfoque predominantemente administrativo, por lo que dichas evaluaciones no aportan mayores elementos para analizar el impacto de estas políticas.

Los incentivos de la vinculación. El marco legal y regulatorio

Si bien desde que inició el siglo el país ha realizado esfuerzos por mejorar el marco legal que incentiva la realización de actividades de CTI, a través de la promulgación en 2001 de la Ley de Ciencia y Tecnología, aún existen áreas de oportunidad de mejora, sobre todo en lo relacionado con el emprendimiento y la vinculación de las universidades y centros de investigación con el sector productivo, pues se han quedado rezagadas hacia su reinversión como generadores de conocimiento social y económicamente transferible. Arechavala y Sánchez (2017) señalan como materia pendiente el diseño de políticas públicas que incentiven a las universidades a rediseñar sus activi-

dades de producción de conocimiento en torno a las necesidades de las empresas y de la sociedad en su conjunto. Ello implica pasar del esquema donde son las empresas las que se acercan a las universidades con motivos de vinculación (motivadas usualmente para bajar fondos del algún programa público), a involucrarse con los diversos sectores de la sociedad para verificar tanto la pertinencia de su investigación como para trabajar desde etapas tempranas de la investigación, la futura transferencia de sus resultados. Iniciar con solicitar cartas de pertinencia emitidas por los usuarios potenciales de las investigaciones como requisito para el financiamiento público de proyectos podría ser un primer paso.

Fomentar el emprendimiento de investigadores es otro reto importante que el gobierno mexicano necesita afrontar para incentivar el emprendimiento por parte del personal que labora en universidades y centros de investigación, quienes enfocan sus esfuerzos al desarrollo de soluciones y ven limitados por el marco legal sus deseos de llevar al mercado sus desarrollos. Ello bien puede paliarse, como lo han hecho otros países, indicando en la ley la posibilidad de otorgar licencias a los investigadores para ausentarse de sus labores de docencia e investigación por determinado tiempo (en el caso de España, la Ley Orgánica de Universidades concede hasta cinco años) sin riesgo de perder sus plazas (LOU, 2001).

De igual manera es importante que la ley mexicana establezca de forma específica parámetros de reparto de los beneficios de la explotación de la propiedad intelectual respecto a los desarrollos tecnológicos creados por los centros de investigación y universidades, implicados tanto en la transferencia de la tecnología como en casos de emprendimiento, definiendo los porcentajes mínimos a considerar en el reparto de las regalías que se obtengan del usufructo de los desarrollos tecnológicos cuando sus productos llegan al mercado.

La política fiscal y la participación del sector productivo

México ha implementado en dos periodos diferentes incentivos fiscales: del 2001 a 2008 y de 2017 a la fecha. En ambos casos el diseño del instrumento ha consistido en otorgar la deducción en el pago de los impuestos sobre la renta (ISR) a empresas que hayan invertido en proyectos de desarrollo tec-

nológico, con un diseño de carácter horizontal, es decir, que pueden aplicar todas aquellas empresas que demuestren realizar actividades de I+D.

No obstante, en otros países del mundo, esta clase de instrumentos de política son de tipo vertical, enfocándose en determinados sectores económicos o áreas tecnológicas que se considere estratégico impulsar. Casos como China, Irlanda y España realizan la definición de sectores estratégicos hacia los cuales reforzar los esfuerzos realizados en I+D en empresas que contribuyan al fortalecimiento de dichas áreas. Es usual que se realicen a través de empresas de reciente creación, de base tecnológica, capaces de insertarse en las nuevas cadenas productivas o de proveeduría.

México bien pudiera explorar esta alternativa para potenciar el desarrollo de las capacidades de innovación de las empresas con cierta fortaleza en sectores como la farmacéutica, la robótica o la aeronáutica, a fin de consolidar y acrecentar dichos sectores, apoyando el desarrollo de nuevas empresas por parte de los desarrolladores de la tecnología clave a partir de la cual crear mayores oportunidades de llevar al mercado sus desarrollos, así como para generar oportunidades de empleo para los posgraduados involucrados.

La aproximación pública respecto a la orientación de los avances de la ciencia, el desarrollo tecnológico y la innovación que realizan las empresas es materia pendiente en México. Si bien en 2002 se creó, bajo lineamiento de la OCDE, un mecanismo institucionalizado para someter al examen público cualquier tema de CTI a través del Foro Consultivo Científico y Tecnológico, no se incluye a los sectores civiles organizados que no estén directamente involucrados en la investigación, por lo que en realidad el único espacio de integración de la sociedad, aunque se trata más como comunicación que como participación, es una consulta popular, instaurada a partir de 2012, dirigida a la población en general, buscando la participación de las personas de manera individual, sin considerar organizaciones sociales que tienen demandas de solución de problemáticas específicas (Foladori *et al.*, 2017). Tras los debates sobre la pertinencia y actuación del FCCYT de 2021, queda un vacío que es necesario llenar para promover la planeación democrática haciendo hincapié en el sector productivo, que contribuya a que la CyT realmente sea un instrumento para el desarrollo económico y social de México.

Un dilema pendiente. El papel de la inversión extranjera directa

México es un país que desde hace tres décadas ha incorporado a su estrategia de desarrollo la atracción de empresas para que inviertan en el país instalando plantas de producción en el territorio nacional, usando como principales ventajas competitivas la mano de obra que puede contratarse a bajo costo, así como la vecindad con Estados Unidos, con quien recientemente se renegoció el Tratado de Libre Comercio.

Ante este escenario conviene que México adopte nuevas estrategias de atracción de IED, tal como lo han realizado países como China e Irlanda, por citar algunos pocos, quienes a partir de la definición de los sectores tecnológicos y económicos que desean incentivar, plantearon polos de desarrollo local a través de ciudades de innovación o parques tecnológicos a los cuales los invitan a participar, con la idea de integrar a los especialistas del país en torno a ciertas áreas tecnológicas identificadas como estratégicas, articulándolo con incentivos fiscales a la medida de los requerimientos, además de los tradicionales incentivos de carácter inmobiliario y de infraestructura que suelen ofrecerse.

Si bien el cambio de perspectiva parece lejano a lo que actualmente se realiza, bien puede articularse con el resto de los instrumentos de política implementados a fin de que las empresas extranjeras perciban el beneficio de ser las empresas tractoras que integren cadenas productivas con eslabones de alto valor agregado con los actores del sistema de innovación mexicano, implicando esto beneficios comunes, tanto para la empresa que puede enriquecer su patrimonio tecnológico como para la región que podrá emplear personal altamente calificado en actividades de innovación.

Universidades en regiones atrasadas y fomento de una cultura científica y de innovación

Existen diversos estudios que analizan el primer eslabón y fundamento de la creación de capacidades científicas y tecnológicas, que señalan el grave problema de la baja calidad de la educación, sobre todo en las regiones más pobres del país. Es en este sentido en el que debe mejorarse la política pública, pues ello repercute en el desempeño innovador, como lo demostraron

Giménez *et al.* (2017) al analizar los 31 estados de la República, llegando a la conclusión de que es el capital humano —en calidad y cantidad— el factor más importante que determina el éxito innovador.

De igual forma, respecto a la educación terciaria, el problema está en la excesiva concentración de los esfuerzos en la zona metropolitana de la Ciudad de México, donde se ejerce 39% del presupuesto (Arechavala, 2017), lo cual condena a las regiones económicamente más retrasadas a permanecer con bajas capacidades. Dado que las universidades y centros de investigación están transitando hacia esquemas de mayor vinculación con la sociedad en la cual están insertas, resulta indispensable que exista mayor énfasis en el desarrollo de las universidades en las regiones más atrasadas, donde las carencias en torno a la oferta educativa suelen ser evidentes tanto en las opciones de carreras con las que cuentan y que es necesario ampliar, pero sobre todo por la baja cobertura de la educación superior.

El grado de compromiso de las universidades con su región de influencia es evidente en los montos de la inversión para desarrollar capacidades de investigación, de vinculación, así como también de emprendimiento para la generación de empresas que impacten la economía local y en algún momento, también compitan en los mercados nacionales e internacionales (Arechavala, 2017). Para lograrlo deben formularse políticas de CTI para el desarrollo de estas capacidades a nivel regional, refiriéndose específicamente a la mayor dotación de recursos, ampliar, pero también redistribuir el presupuesto federal hacia las regiones más necesitadas.

Un elemento muy importante es la cultura de la innovación que poseen las empresas del país y de lo cual depende la propensión a invertir. El análisis de Unger (2018) revela aún poca convicción para que la innovación sea considerada estratégica para las empresas, que les permita dar continuidad a los esfuerzos realizados que se concretan en los proyectos que llevan a cabo, a partir del cual el empresario va adquiriendo la experiencia, confianza y el hábito que dará como resultado la continuidad de sus actividades de innovación, que implicará además el establecimiento de laboratorios o unidades formales de investigación, que van más allá de contar con proyectos esporádicos.

Hacia una mayor inclusión y un rumbo moral en el país

El reto fundamental, relacionado con la exigencia mostrada en las elecciones de julio de 2018 en México, se asoció con erradicar la corrupción e impunidad inmersa en las instituciones públicas y privadas en México. El problema, si bien aparentemente está más allá de la CTI, consideramos que forma parte medular del ejercicio necesario para impulsar mejores condiciones de vida en la población. Problemas relacionados con la pobreza, el desempleo, la desigualdad son reflejo de un sistema excluyente.

La exclusión social abarca asuntos de género, orientación sexual, discapacidad, etnia, edad y pobreza, ámbitos donde una perspectiva de innovación puede contribuir a reducirla (Arocena y Sutz, 2014; Jasso *et al.*, 2017), reduciendo las desventajas que pueden sufrir individuos o grupos sociales, con motivos de supresión de las oportunidades, que constituye una dimensión de la pobreza (Sen, 2000).

En alguna medida, los resultados antes señalados son el reflejo de las capacidades científicas y tecnológicas con las que México ha contado para resolver sus problemas. La creación, uso y acceso a conocimientos técnicos y científicos es desigual: ya que en muchos casos la explotación de dichos conocimientos no se difunde o beneficia a la mayoría de la población y menos aún a los de menores ingresos. En este sentido, una mayor exclusión genera un proceso de “creación destructiva” caracterizada por limitar las capacidades y oportunidades de la ciudadanía y que en algún sentido refleja el deterioro moral comunitario expresado en los elevados niveles de corrupción, impunidad y violencia, incluso en la crisis actual de la pandemia de Covid (Jasso, 2013; 2021).

En este sentido, una política de CTI más inclusiva debiera priorizar sus acciones y recursos no solo con criterios de competitividad y creación de valor rentable, también debe crear valor social, como la atención y resolución de problemas sociales como la salud, la educación, la alimentación o la violencia, guiada por la ética que dé sentido a las acciones públicas sin demérito de los recursos públicos y orientados a satisfacer necesidades de las mayorías e impulsar un desarrollo más incluyente, que brinde libertad e igualdad para contar con capacidades que impulsen mayor bienestar.

La pandemia de Covid-19 trajo consigo el desafío de mantener saludable a la población, para lo cual el sector de CyT nacional, público y privado, implica el reto para sumar esfuerzos para el desarrollo de vacunas, tal como lo evidencian los esfuerzos realizados por universidades y centros de investigación como la UNAM, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí o la Universidad Autónoma de Querétaro para abatir la pandemia, ello, aunado a los esfuerzos gubernamentales para la adquisición de vacunas para inmunizar a la población, refuerza la noción de que la CyT es el recurso para solucionar los problemas sociales, es decir, de un mayor bienestar humano.

5. Conclusiones

Si bien México cuenta con más de cinco décadas de experiencia implementando políticas públicas de CTI, son numerosos los retos a los cuales se enfrenta el actual gobierno para mejorar los resultados en la materia. La curva de aprendizaje respecto al diseño de los diversos instrumentos requiere superar el gran desafío de generar conocimiento, vincular los avances científicos y tecnológicos para brindar soluciones a los problemas que atañen a los sectores social y productivo para que la innovación se convierta en un recurso que promueva el crecimiento económico, la competitividad empresarial, evolucionando hacia un enfoque social que atienda la problemática de los diversos grupos sociales.

El papel del Estado es fundamental como ejecutor de la política pública. Por ende, se debe de lograr que los planes y programas se lleven a cabo y para ello las instituciones encargadas de realizarla, en este caso el Conacyt, debe contar con los recursos, capacidades y atribuciones que le permitan impulsar las medidas establecidas, considerando una planeación democrática que sea realmente incluyente e integre a todos los involucrados y no solo surja del personal del Conacyt.

Los retos para combatir la corrupción, impunidad y desigualdad son complejos y diversos. Evidentemente es una oportunidad para profundizar el fomento de una cultura de innovación en el sector productivo y social que valore y use el conocimiento, la mejora del marco legal ante la oportu-

nidad que brinda el actual rediseño de la ley de CyT que permita la interacción y traslación de conocimientos entre universidades, centros de investigación y el sector productivo y civil, fomentando el financiamiento público y privado a través de la creación de mejores mecanismos de evaluación de la política CTI. Finalmente se ha destacado que la CTI, ante la exigencia de un rumbo moral en las acciones públicas, está encaminada a resolver no solo aspectos relativos a la mejora de la competitividad del sector productivo, sino también a los problemas como la pobreza, el desempleo, la corrupción, la desigualdad y la violencia, de forma efectiva, para lo cual es indispensable considerar la opinión del sector académico de CyT, integrándolo a la planeación en torno a la solución de problemáticas específicas.

Referencias

- Arechavala, R., y Sánchez, C. (2017). Las universidades públicas mexicanas: los retos de las transformaciones institucionales hacia la investigación y la transferencia de conocimiento. *Revista de la Educación Superior* 46(184), 21–37. Consultado en <https://doi.org/10.1016/j.resu.2017.09.001>.
- Arocena, R., y Sutz, J. (2014). Mirando los Sistemas Nacionales de Innovación desde el Sur. Consultado en <https://www.oei.es/historico/salactsi/sutzarcena.htm>.
- Buendía, R., Rivas, J. P., y León, L. I. (2017). Evaluación del potencial del desarrollo en ciencia y tecnología en México 2000-2015. *Economía Informa*, núm. 402, enero-febrero, 13-28.
- Cabrero, E. (2017). La evolución de la política de ciencia, tecnología e innovación en México 1930-2017: allanando el camino hacia un Sistema Nacional de Conocimiento e Innovación. *RICEG. Revista Internacional de Ciencias del Estado y de Gobierno*. Vol. 1, núm. 1-2, 45-63.
- Casas R. (2015). Retos analíticos de las políticas de ciencia, tecnología e innovación para enfrentar la pobreza en América Latina, en Casas R. y A. Mercado (coords.) *Mirada iberoamericana a las políticas de ciencia, tecnología e innovación: perspectivas comparadas*, CYTED, CLACSO.
- CEPAL (2022). *Innovación para el desarrollo: la clave para una recuperación transformadora en América Latina y el Caribe* (LC/CCITIC.3/3/-*), Santiago.
- Cimoli M., (ed.) (2000). *Developing Innovation Systems. México in a Global Context*, Continuum, Reino Unido-EEUU, 322 pp.
- Conacyt (2016). *Informe general del estado de la ciencia, la tecnología y la innovación*. Conacyt. México.
- Corona L., y Jasso, J. (2005). Enfoques y características de la sociedad del conocimiento.

- Evolución y perspectivas para México, en Sánchez G. et al. (coords.) *Innovación en la sociedad del conocimiento*, 9-40. BUAP/UNAM/RIDIT/CIECAS-IPN.
- Dini, M. y Stumpo, G. (2011). *Políticas para la innovación en las pequeñas y medianas empresas en América Latina*. CEPAL. Santiago de Chile.
- Dutrénit, G., Jaso, M., Santiago, F., Jaso, J., de Fuentes, C., Estrada, S. (2013). *Propuestas para contribuir al diseño del PECITI 2012-2037. Metaevaluación del PECITI 2006-2012*. t. VII, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 198 pp.
- Foladori, G., Arteaga, E., Záyoago, E, Appelbaum, R., Robles-Belmont, E., Villa, L.L., Parker, R., y Leos, V. (2017). La política pública de nanotecnología en México. *Revista CTS*. Núm. 34, vol. 12, 51-64.
- FCCYT (2006). *Diagnóstico de la Política Científica, Tecnológica y de Fomento a la Innovación en México (2000-2006)*. Foro Consultivo Científico y Tecnológico-Conacyt, México.
- Georgiou, L. (1994). Impact of the Framework Programme on European Industry, EUR 15907, en Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburgo.
- Giménez, G. P., M. Pastor y H. Malacara (2017). Factores de innovación en los estados de México. ¿A qué se deben las diferencias entre estados con mayor y menor dinamismo innovador? *Investigación Económica*. Vol. LXXVI, núm. 302, 131-164.
- Jaso, J. (2013). Innovación, violencia y seguridad: impacto y escenarios para las empresas en México, *Ciencias Administrativas. Teoría y Praxis*, Academia de Ciencias Administrativas, enero-junio. Núm. 1, año 9, vol. 1, México, 231-226.
- Jaso, J. (2021). La pandemia de la Covid-19 y las empresas: entre la destrucción creativa y la creación destructiva, en Fischer F. y Méndez J. (coord.), *El impacto de la crisis del Covid-19 en México*, UNAM/FCA, 63-96.
- Jaso, J., Torres, A., y Puerta, L. (2017). Innovación e inclusión: una perspectiva desde la Salud, *Economía y Desarrollo*. Vol. 158, núm. especial, 34-49.
- Jaso, J. (2005). La dimensión evolutiva de la innovación: un rumbo necesario de la política científica, tecnológica y de innovación, *Revista Economía y Sociedad*, Universidad Michoacana de San Nicolás. Núm.15, enero-junio, 99-120.
- Lederman, D., y W. Maloney (2003). R&D and Development. Policy Research Working Paper No. 3024. Abril. Banco Mundial.
- LOU (Ley Orgánica de Universidades) (2001). Consultado en <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2001-24515>.
- Moctezuma, P., López, S. y Mungaray, A. (2017). Innovación y desarrollo: programa de estímulos a la innovación regional en México. *Revista Problemas del Desarrollo*, 191 (48). Consultado en <http://probdes.iiiec.unam.mx>.
- Oszlak, O., y O'Donnell, G. (1995). Estado y políticas estatales en América Latina: hacia una estrategia de investigación. *Redes*. Vol. 2, núm. 4, 99-128. Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires.
- Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy*, 98, 71-102.
- Sagasti, F. (2010). *Ciencia, tecnología e innovación*, FCE, México, 273 pp.

- Scheel Mayenberger, C. (2013). El enfoque sistémico de la innovación: ventaja competitiva de las regiones. *Estudios Gerenciales*, 28(EE), 27-39.
- Sen, A. (2000). *Social Exclusion: Concept, Application and Scrutiny*. Manila, Asian Development Bank.
- Solow, R. (1956). A contribution to theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Unger, K. (2018). Innovación, competitividad y rentabilidad en los sectores de la economía mexicana. *Gestión y Política Pública*. Vol. XXVII, núm. 1, 3-37.
- UNAM (2018). *Hacia la consolidación y desarrollo de políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación. Objetivo estratégico para una política de Estado 2018-2024*, UNAM. México.
- Valenti, G. (coord.) (2008). *Ciencia, tecnología e innovación. Hacia una agenda de política pública*, FLACSO. México.
- Velásquez, R. (2009). Hacia una nueva definición del concepto "política pública". *Desafíos*, Bogotá, Colombia. Vol. 20, 149-187.

Capítulo 8. Evolución de la regulación del endeudamiento público estatal en México: de la Ley de Coordinación Fiscal a la Ley de Disciplina Financiera

MARÍA ISABEL GARCÍA-MORALES*

Resumen

Este trabajo demuestra la evolución de la normatividad más importante en materia de regulación de la deuda subnacional, cuya justificación gubernamental de las modificaciones ha sido resolver el problema del alto crecimiento de este tipo de deuda. Se brindan los antecedentes y contexto del surgimiento de la disciplina financiera. Se analizan los principales aspectos de la regulación tanto de la Ley de Coordinación Fiscal como de la Ley de Disciplina Financiera. Se brindan datos de la estructura de ingresos de los estados así como de los niveles de endeudamiento, centrándose en aquellos con los montos más altos. Finalmente se llega a la conclusión de que los rangos de medición del Sistema de Alertas se basan en la dependencia financiera de los estados y no en su capacidad financiera propia.

Palabras clave: *deuda pública estatal, disciplina financiera, Sistema Nacional, Coordinación Fiscal, registro único de deuda*

Agradecimiento: Este trabajo surge como un producto científico del proyecto de investigación SIP-IPN 20221281; se agradece al Instituto Politécnico Nacional el apoyo brindado.

* Profesora Investigadora de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Escuela Superior de Economía, Instituto Politécnico Nacional, e.mail: mgarciamor@ipn.mx. Directora del proyecto de investigación SIP-IPN 20221281. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3980-8501>

1. Introducción

Este trabajo consiste en una reflexión sobre la importancia que tiene la normatividad, particularmente en materia fiscal, para fortalecer a las haciendas públicas estatales y de esta manera fomentar el desarrollo económico a nivel regional y local. Sin embargo, la propia normatividad puede, también en sentido contrario, afectar al crecimiento económico de los estados, cuando no hay un manejo adecuado de los recursos.

A partir de la crisis de 2008-2009 se observó un aumento preocupante del endeudamiento de los estados y los municipios, aunque este fenómeno se presentó de manera más marcada en los estados. El caso más abrupto fue Coahuila, que pasó de 1 561.6 millones de pesos en 2009 a 36 509.6 millones de pesos en 2011 (SHCP, 2022), dejando en serios problemas a la hacienda estatal. El escándalo fue mayor cuando no se tenía certeza sobre el destino de dicho endeudamiento.

También las calificadoras advertían que gran parte del endeudamiento se estaba canalizando a fines distintos a la inversión pública productiva, como, por ejemplo, a las campañas políticas.

De 2013 a 2015 se dieron modificaciones a la normatividad y finalmente en el 2015 se promulgó la Ley de Disciplina Financiera de Entidades Federativas y Municipios (en adelante Ley de Disciplina Financiera), la cual en el discurso gubernamental se encargaría de resolver dicha problemática.

Por esta razón el planteamiento de este ensayo es que ni la Ley de Coordinación Fiscal ni la nueva Ley de Disciplina Financiera han establecido límites o restricciones al endeudamiento de los estados y que la sostenibilidad de la deuda está basada en su vulnerabilidad financiera y no en su capacidad propia de generación de recursos, por ello, aunque los estados han canalizado muchos recursos al pago de su deuda pública, los problemas de la hacienda estatal no se han resuelto.

Una forma de evitar el aumento del endeudamiento público subnacional es limitándolo y eso es precisamente en lo que se centra este análisis, de manera que el objetivo de este trabajo es demostrar las pocas limitaciones al endeudamiento subnacional tanto en la ley de Coordinación Fiscal como en la Ley de Disciplina Financiera.

Para lograr este objetivo se analizó la Ley de Coordinación Fiscal del 2013 y sus modificaciones de 2014 a 2022, para verificar si en realidad en materia legal hubo restricciones al endeudamiento e indagar los resultados de estas modificaciones en los datos estadísticos del endeudamiento.

La Ley de Disciplina Financiera, la Ley de Coordinación Fiscal y el Registro Único de Deuda son el hilo conductor de este trabajo, que nos permite indagar tanto el contenido normativo como sus consecuencias en los niveles de endeudamiento subnacional.

Se retoma la estructura de ingresos de los estados para verificar su capacidad financiera, aspecto fundamental para conocer la sostenibilidad de la deuda adquirida que se vincula con el Sistema de Alertas.

Es importante señalar que los estados tenían su propia normatividad y procedimientos para obtener deuda pública, sin embargo, al realizarse la reforma constitucional para promulgar la Ley de Disciplina Financiera, implicó que todos los estados se subordinaban a esta nueva normatividad en materia de deuda subnacional y adaptaron sus procesos de endeudamiento a las nuevas disposiciones.

Como ya se mencionó, se retoma el Registro Único de Deuda, instrumento fundamental en el que los estados reportan los créditos y las condiciones financieras en los que estos se celebran.

Este trabajo se desprende del proyecto de investigación SIP-IPN 20221281 “Análisis de la deuda pública en las entidades federativas con mayores obligaciones financieras”, el cual tiene como finalidad, como ya se mencionó, indagar cómo ha evolucionado la normatividad, y los principales aspectos jurídicos de la regulación de la deuda pública subnacional.

2. Antecedentes y contexto sobre regulación de la deuda de estados y municipios

Desde la crisis de 2009, pasando por el Pacto por México de Enrique Peña Nieto en 2012, y la aprobación de la “disciplina financiera” en 2015, hasta la fecha (2022), los principales actores políticos, partidos políticos, diputados, senadores, han promovido y aprobado dictámenes y leyes, que tienen por finalidad regular el endeudamiento público de los estados y municipios.

En México el Sistema Nacional de Coordinación Fiscal está sumamente vinculado con el endeudamiento público subnacional.

El Sistema Nacional de Coordinación Fiscal está regulado por la Ley de Coordinación Fiscal, esta ley tiene por objeto “coordinar el sistema fiscal de la Federación con las entidades federativas [...] para establecer la participación que corresponda a sus haciendas públicas en los ingresos federales; distribuir entre ellos dichas participaciones; fijar reglas de colaboración administrativa entre las diversas autoridades fiscales; constituir los organismos en materia de coordinación fiscal y dar las bases de su organización y funcionamiento” (LCF, 2018, artículo 1).

Sumado a lo anterior, esta ley no solo se encarga de coparticipar los recursos que se generan con la recaudación fiscal entre los tres órdenes de gobierno, además establece, entre otros, los mecanismos para que los gobiernos municipales y estatales puedan adquirir deuda pública a través del Sistema Nacional de Coordinación Fiscal, es decir, norma la relación entre federalismo fiscal y la deuda pública estatal y municipal.

La Ley de Coordinación Fiscal contempla que las transferencias federales (participaciones y aportaciones), sobre todo las participaciones, pueden emplearse como garantía con las instituciones privadas de crédito para la contratación de deuda pública de estados y municipios en México. En el siguiente apartado se observa la importancia que tienen las transferencias en la estructura de ingreso de los estados y municipios.

El artículo 9 de esta ley en 2013 señalaba que “las participaciones que correspondan a las Entidades y Municipios son inembargables; no pueden afectarse a fines específicos, ni estar sujetas a retención, salvo para el pago de obligaciones contraídas por las Entidades o Municipios con autorización de las legislaturas locales”.

Como se ha señalado, cuando empezó la administración de Enrique Peña Nieto, en 2012, se planteó la necesidad de resolver el problema del creciente endeudamiento de los estados de manera que se esperaba que las modificaciones que se hicieron a la Ley de Coordinación Fiscal en 2014 limitarían la deuda y las garantías de deudas, pero sucedió todo lo contrario, en lugar de establecerse límites al endeudamiento se ampliaron los rubros de ingreso como garantías para dicha deuda; la modificación quedó de la siguiente forma: “Las participaciones que correspondan a las entidades y

municipios son inembargables; no pueden afectarse a fines específicos, ni estar sujetas a retención, salvo aquellas correspondientes al Fondo General de Participaciones, al Fondo de Fomento Municipal y a los recursos que se refiere el artículo 4-A, fracción I, de la presente ley que podrán ser afectadas para el pago de obligaciones contraídas por las entidades y los municipios” (LCF, 2014, artículo 9).

El artículo 4-A de la Ley de Coordinación Fiscal establece que “los recursos que obtengan las entidades federativas, municipios y demarcaciones territoriales, de acuerdo a lo previsto en esta fracción [se refiere al IEPS], podrán afectarse en términos del artículo 9o. de esta Ley, siempre que la afectación correspondiente en ningún caso exceda del 25% de los recursos que les correspondan”.

Estas modificaciones no limitaron el endeudamiento subnacional, como se decía en el discurso gubernamental de finales de 2012, más bien se ampliaron las garantías de deuda, de hecho, no se estableció ningún límite al monto de las participaciones ni al Fondo de Fomento Municipal.

Las modificaciones que ha tenido este artículo 9 de la Ley de Coordinación Fiscal a la fecha (2022)¹ no han cambiado la esencia de que las participaciones y otros recursos transferidos por el gobierno federal queden como garantía de la deuda subnacional. Lo que se agrega en las modificaciones a este artículo en 2018 (vigente en 2022) es que todo el proceso de endeudamiento estará regido “de conformidad con el Capítulo VI del Título Tercero de la Ley de Disciplina Financiera de las Entidades Federativas y los Municipios, a favor de la Federación, de las instituciones de Crédito que operen en territorio nacional, así como de las personas físicas o morales de nacionalidad mexicana” (LCF, 2018: artículo 9).

Dado que no se establecieron restricciones al endeudamiento subnacional en las modificaciones de 2014 a 2018 a la Ley de Coordinación Fiscal en 2015 se impulsó la modificación de los artículos 25, 73, 79, 108, 116 y 117 de la Constitución Política del país con la finalidad de “disciplinar financieramente” a los estados y a los municipios, en ese mismo año (2015) el Senado de la República promulgó la Ley de Disciplina Financiera de las Entidades Federativas y Municipios, además se modificaron y adaptaron

¹ La Ley de Coordinación Fiscal vigente en 2022 tuvo la última modificación al artículo 9 en 2018.

otras leyes relacionadas con este tipo de endeudamiento. Es importante señalar que los estados tuvieron que adaptar sus procesos de endeudamiento a las nuevas disposiciones en materia de deuda pública.

En el apartado 3 referimos el registro único de deuda y en el apartado 4 algunos aspectos relevantes de la Ley de Disciplina Financiera de las Entidades Federativas y Municipios; esta última es la normatividad principal (no la única) que regula actualmente (2022) el endeudamiento subnacional.

En el siguiente apartado abordamos la estructura de ingresos de los gobiernos estatales y municipales.

3. La estructura de ingresos de los gobiernos estatales

En México los gobiernos estatales y municipales son sumamente dependientes en su estructura de ingresos de las transferencias del gobierno federal, producto principalmente de la configuración del Sistema Nacional de Coordinación Fiscal que se implementó a partir de 1980. En promedio los gobiernos estatales dependen en más de 80% de los recursos federales (INEGI, 2022). En el cuadro 8.1 y la gráfica 8.1 podemos apreciar esta situación:

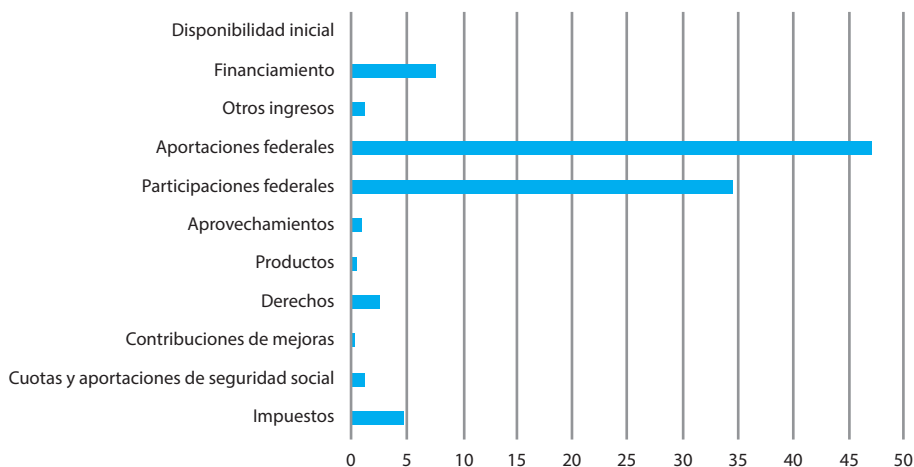
Cuadro 8.1. *Estructura de ingresos de los gobiernos estatales en México.*
Millones de pesos y porcentajes

| <i>Estructura de ingresos de los estados</i> | <i>2020 millones de pesos</i> | <i>Porcentajes</i> |
|--|-----------------------------------|--------------------|
| Impuestos | 105 188 | 4.8 |
| Cuotas y aportaciones de seguridad social | 24 014 | 1.1 |
| Contribuciones de mejoras | 1 160 | 0.1 |
| Derechos | 54 836 | 2.5 |
| Productos | 7 851 | 0.4 |
| Aprovechamientos | 20 400 | 0.9 |
| Participaciones federales | 757 732 | 34.5 |
| Aportaciones federales | 1 031 466 | 47.0 |
| Otros ingresos | 25 098 | 1.1 |
| Financiamiento | 166 761 | 7.6 |
| Disponibilidad inicial | 996 | 0.0 |
| Total | 2 195 502 | 100 |

Fuente: INEGI, 2022.

Se aprecia que en 2020 las participaciones representaron 34.5% y las aportaciones 47%, la suma de estas dos comprende 81.5%, es decir que en promedio de 10 pesos que ingresan a las haciendas estatales más de ocho provienen de las transferencias federales.

Gráfica 8.1. Estructura de ingreso de los gobiernos estatales en 2020, porcentajes



Fuente: INEGI, 2022.

Como observamos la principal fuente de financiamiento de los gobiernos estatales son las aportaciones, y en importancia de montos le siguen las participaciones. De manera general el financiamiento, y no los ingresos por impuestos, es la tercera fuente de ingresos de los estados. Las contribuciones, derechos, productos y aprovechamientos comprenden 3.9% de la estructura de ingresos. En los siguientes apartados nos enfocaremos en el endeudamiento, debido a que este ha venido afectando, en algunos estados, de manera significativa.

La estructura de ingresos refleja la gran vulnerabilidad financiera de los gobiernos estatales, aunada al aumento del endeudamiento público de varios estados; la situación financiera de muchos es delicada, por su baja capacidad de ingresos propios para hacer frente a las obligaciones financieras.

4. Registro de deuda pública estatal y municipal

Una de las herramientas que se instrumentaron y se ha venido modificando para darle seguimiento y transparentar el endeudamiento de los estados y municipios es la creación del Registro de Deuda, implementado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Desde que surgió hasta la fecha (2022) el sistema de registro de la deuda subnacional ha tenido modificaciones. En 2001 se promulgó el Reglamento del artículo 9 de la Ley de Coordinación Fiscal en Materia de Registro de Obligaciones y empréstitos de entidades Federativas y Municipios, el cual estuvo vigente hasta 2016 y establecía que “corresponde a las entidades y municipios efectuar los *pagos de las obligaciones con afectación de sus participaciones* [cursivas nuestras], de acuerdo con los mecanismos y sistemas de registro establecidos en sus leyes estatales de deuda”.

El reglamento tenía por objeto establecer criterios para el registro de la deuda contratada por los estados, Ciudad de México o los municipios, con afectación de las participaciones federales.

En el mismo artículo 9 de la Ley de Coordinación Fiscal (LCF) a partir de las modificaciones en 2013 se estableció que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, debía registrar este tipo de endeudamiento (aquel que queda avalado con transferencias federales) y dar a conocer dicho registro, denominado Registro de Obligaciones y Empréstitos de Entidades y Municipios.

No se establecieron límites a los montos del endeudamiento público estatal con respecto de las participaciones y de los fondos de aportaciones, ni en el reglamento del artículo 9 de la Ley de Coordinación Fiscal en Materia de Registro de Obligaciones y Empréstitos de Entidades Federativas y Municipios y mucho menos en la Ley de Coordinación Fiscal.

A partir de 2014 la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), instruyó la manera de cómo debía realizarse el “registro de obligaciones y empréstitos de entidades y municipios” en él se reportaban varios datos; como la entidad, institución del gobierno, acreedor, tipo de obligación, fecha de firma, fecha de inscripción, monto original contraído, plazo pactado en meses, fuente o garantía de pago, destino.

Uno de los aspectos que generó controversia es que la mayoría de las entidades reportaba como destino de la deuda subnacional la inversión pública productiva, pero los medios de comunicación (sobre todo la prensa escrita) cuestionaban dicho destino, reportaban que el endeudamiento se designaba en la práctica a gasto corriente (principalmente pago de nómina), incluso las calificadoras de deuda como Moody's afirmaban que el crecimiento de este tipo de deuda estaba directamente relacionada con las campañas electorales de los estados y también con el proceso electoral de 2012, es decir que existía la sospecha de que se destinaba a las campañas electorales (González, 2013). De ahí la importancia de transparentar el uso de esos recursos mediante un instrumento viable y eficaz.

Es importante señalar que este registro no reportaba la totalidad de la deuda de los estados y municipios, sino únicamente la que tenía como aval las transferencias federales (participaciones, fondos y con las reformas de 2013, ingresos por IEPS). Estos órdenes de gobierno no estaban obligados a reportar la deuda que tenían como garantía sus ingresos propios ni tampoco la deuda generada con proveedores y otras instancias gubernamentales, como por ejemplo con la Comisión Federal de Electricidad (Jardinez, 2013).

En 2016, con la promulgación de la Ley de Disciplina Financiera, se creó el Registro Público Único, el cual abrogó “el Reglamento del artículo 9 de la Ley de Coordinación Fiscal en Materia de Registro de Obligaciones y empréstitos de entidades Federativas y Municipios”. Ahora en el Registro Único Público se contempla el reporte de toda la deuda pública de los estados y los municipios, considerando la que tiene como garantía la participaciones, los ingresos propios y también la deuda con los proveedores.

El Registro Público Único es de acceso público, se encuentra en la página de la SHCP, y contempla en la información: entidad, deudor, institución financiera, tipo de obligación, fecha de contratación, monto original contratado, fecha de inscripción, plazo pactado, tasa de interés, sobretasa, destino, entre otros más. En cuanto al destino predominan en el registro actualmente (2022) dos rubros: refinanciamiento e inversión pública productiva. De manera que una gran parte de la contratación de nuevos pasivos es para refinanciar la deuda adquirida.

Es importante mencionar que este Registro Público Único es la base para que la SHCP realice el cálculo del Sistema de Alertas, el cual comentamos más adelante.

5. Ley de disciplina financiera

La Ley de Disciplina Financiera de las Entidades Federativas y Municipios (Ley de Disciplina Financiera) fue promulgada el 27 de mayo de 2015 y la última reforma fue el 10 de mayo de 2022. Dados los antecedentes que hemos señalado sobre el problema de la deuda pública de los estados y municipios se planteó como justificación gubernamental de esta ley limitar y regular el endeudamiento, con la finalidad de sanear sus finanzas y sobre todo tener finanzas públicas sostenibles para fomentar el desarrollo regional y local.

El Artículo 1 de la Ley de Disciplina Financiera señala que “la presente Ley es de orden público y tiene como objeto establecer los criterios generales de responsabilidad hacendaria y financiera que regirán a las Entidades Federativas y los Municipios, así como a sus respectivos Entes Públicos, *para un manejo sostenible de sus finanzas públicas* [las cursivas son nuestras]. Las Entidades Federativas, los Municipios y sus Entes Públicos se sujetarán a las disposiciones establecidas en la presente Ley y administrarán sus recursos con base en los principios de legalidad, honestidad, eficacia, eficiencia, economía, racionalidad, austeridad, transparencia, control y rendición de cuentas” (LDF, 2016: artículo 1).

Si bien el concepto de disciplina financiera (LDF, 2022: artículo 2, VIII) que contempla la ley se enfoca en realizar acciones para favorecer el crecimiento económico, el empleo y la estabilidad del sistema financiero, en la práctica más que fomentar el crecimiento y el empleo, esta ley favorece al sistema financiero y no a las haciendas estatales y municipales. No es objetivo de este artículo verificar esto, pero se enuncia como una línea de investigación próxima a ejecutar.

5.1 Deuda subnacional: su clasificación según la Ley de Disciplina Financiera

La Ley de Disciplina Financiera de las Entidades Federativas y Municipios (LDF, 2022) clasifica a la deuda estatal en deuda contingente y la deuda estatal garantizada. La deuda contingente la agrupa en deuda de corto y largo plazo. En el cuadro 8.2 podemos apreciar mejor esa clasificación.

Cuadro 8.2. Ley de Disciplina Financiera y clasificación de deuda pública

| Clasificación de la deuda estatal y municipal | | |
|---|-------------|-------------------|
| Deuda contingente | | Deuda garantizada |
| largo plazo | corto plazo | |
| | | |

Fuente: Elaboración propia con información de la LDF, 2022.

La deuda contingente son todas las obligaciones financieras que realizan los estados y municipios con las asociaciones público privadas, es decir, con empresas privadas como proveedores e incluso con empresas públicas, por ejemplo la Comisión Federal de Electricidad (CFE). El artículo 2 de la Ley de Disciplina Financiera la define de la siguiente manera: “*cualquier financiamiento sin fuente o garantía de pago definida* que sea asumida de manera solidaria o subsidiaria por las Entidades Federativas [...] o por los propios municipios con sus respectivos órganos descentralizados y empresas de participación municipal mayoritaria” (LDF, 2022: artículo 2). La deuda contingente considera las obligaciones con los proveedores, la deuda de corto y largo plazo. Su fuente de pago proviene de los ingresos propios.

La deuda estatal garantizada o deuda garantizada es aquella que tiene como garantía de pago parte de las transferencias federales, como las participaciones y parte de las aportaciones y el impuesto especial sobre productos y servicios (IEPS). La Ley de Disciplina Financiera la define como “el financiamiento de los estados y municipios con garantía del Gobierno Federal” (LDF, 2022, artículo 2), y se vincula directamente con el artículo 9 de la LCF. Esta situación la hemos comentado en el primer apartado de este trabajo.

5.2 Límites de deuda pública estatal

La Ley de Disciplina Financiera prevé que no en todos los casos los gobiernos estatales deben pedir autorización para la contratación de deuda al Congreso local, como lo estipula la Ley de Coordinación Fiscal (para deuda garantizada). No se requiere autorización para deuda de corto plazo, siempre que no rebase el 6% de los ingresos totales, que se pague en tres meses, antes de que termine el periodo de gobierno, y ser quirografiada (LDF, 2022: artículo 30).

Aunque el artículo 23 de la LDF estipula que se requiere de la autorización de la legislatura local para contratación de deuda, exceptúa este requisito cuando se trate de refinanciamientos o reestructura de la deuda. De alguna manera esto implica eliminar límites a la contratación de deuda pública.

El artículo 35 establece algunos límites al endeudamiento: “El límite de Deuda Estatal Garantizada por Estado y por Municipio será de hasta un monto equivalente al 100 por ciento de la suma de sus Ingresos de libre disposición aprobados en su respectiva Ley de Ingresos”. Es importante clarificar que los ingresos de libre disposición se componen del monto de las participaciones más los ingresos propios.

Se contempla en este artículo una gradualidad en cuanto a la garantía que da el gobierno federal, esta se relaciona con un periodo de tiempo del convenio y un porcentaje del monto de la deuda:

- I. Durante el primer año de vigencia del convenio, el Gobierno Federal podrá garantizar Deuda Pública de los Estados [...] hasta por el equivalente al 25 por ciento de sus Ingresos de libre disposición;
- II. En el segundo año de vigencia del convenio, el Gobierno Federal podrá garantizar Deuda Pública de los Estados [...] hasta por el equivalente al 50 por ciento de sus Ingresos de libre disposición;
- III. En el tercer año de vigencia del convenio, el Gobierno Federal podrá garantizar Deuda Pública de los Estados [...] hasta por el equivalente al 75 por ciento de sus Ingresos de libre disposición, y
- IV. A partir del cuarto año de vigencia del convenio, el Gobierno Federal podrá garantizar Deuda Pública de los Estados, hasta el equivalente al 100 por ciento de sus Ingresos de libre disposición (LDF, 2022, art. 35).

En el cuadro 8.3 podemos apreciar una síntesis de este artículo 35 sobre las garantías que ofrece el gobierno federal:

Cuadro 8.3. *Deuda pública estatal garantizada por el gobierno federal*

| <i>Garantía por el gobierno federal de la deuda pública estatal garantizada</i> | |
|---|---|
| Vigencia del convenio | Porcentaje garantizado de los ingresos de libre disposición |
| 1er. año | 25 |
| 2do. año | 50 |
| 3er. año | 75 |
| 4to. año | 100 |

Fuente: LDF, art. 35, 2022.

Para celebrar un convenio con la SHCP es importante contar con una autorización de las legislaturas locales. Los convenios deberán ser publicados en el *Diario Oficial de la Federación* y también en el medio de difusión de la entidad correspondiente (LDF, 2022, art. 36).

La Ley de Disciplina Financiera establece que estos convenios para adquirir deuda pública deben contemplar dos aspectos: límites de endeudamiento y objetivos de finanzas públicas. Concretamente se refiere a un ajuste entre ingresos y gastos para disminuir el balance presupuestario cuando sea negativo —reducir el gasto corriente y aumentar los ingresos locales— (LDF, 2022, art. 37).

Se contempla un procedimiento de vigilancia a través de una comisión legislativa bicameral del Congreso de la Unión. Cuando una entidad federativa tenga un endeudamiento elevado según el sistema de alertas, esta comisión emite observaciones con la finalidad de fortalecer las finanzas públicas (LDF, 2022, art. 37). Se creó la Comisión Especial de Vigilancia del Gasto y Deuda Pública de Estados y Municipios para dar seguimiento a lo previsto en el artículo anterior (CEVGDPPEM, 2016).

5.3. Sistema de alertas y la ley de disciplina financiera

El Sistema de Alertas es un cálculo que conforme a la LDF corresponde realizar a la SHCP para conocer el estado o gravedad de endeudamiento que pueden llegar a tener los estados. (LDF, 2022, art. 44).

La SHCP señala que “el Sistema de Alertas mide el nivel de endeudamiento de los Entes Públicos que tengan contratados Financiamientos y Obligaciones, y éstos se encuentren inscritos en el Registro Público Único, cuya fuente o garantía de pago sea de Ingresos de Libre Disposición” (SHCP, 2022a)

El Sistema de Alertas se integra por indicadores, denominados “indicadores de deuda” (LDF, 2022, art. 44).

Cuadro 8.4. *Indicadores del Sistema de Alertas*

| | |
|--------------------|----------------------------|
| Sistema de Alertas | Sostenibilidad de la deuda |
| | Capacidad de pago |
| | Disponibilidad financiera |

Fuente: LDF, 2022.

A continuación, con base en la Ley de Disciplina Financiera, se explica en qué consisten estos indicadores.

- I. Sostenibilidad de la deuda: este relaciona la deuda pública y obligaciones sobre los ingresos de libre disposición.
- II. Capacidad de pago: vincula el servicio de deuda y de obligaciones sobre ingresos de libre disposición.
- III. Disponibilidad financiera: relaciona las obligaciones a corto plazo, proveedores y contratistas sobre ingresos totales (son compromisos contratos a plazos menores de 12 meses y se vinculan con los ingresos totales).

El Sistema de Alertas se elabora con los indicadores señalados y se clasifica en tres niveles (LDFEFM, 2015, art. 45):

- I. Endeudamiento sostenible.
- II. Endeudamiento en observación.
- III. Endeudamiento elevado.

En el cuadro 8.5 mostramos el Sistema de Alertas de 2021; podemos observar que la mayoría de los estados tiene un endeudamiento sostenible,

solo cinco estados en observación (Coahuila, Colima, Chihuahua, Nuevo León y Quintana Roo) y uno con endeudamiento elevado (Durango).

Cuadro 8.5. SHCP, resultados del Sistema de Alertas, 2021

| Entidad federativa | Resultado del Sistema de Alertas | "Indicador 1: Deuda Pública y Obligaciones sobre Ingresos de Libre Disposición (DyO/ILD)" | | "Indicador 2: Servicio de la Deuda y de Obligaciones sobre Ingresos de Libre Disposición (SDyPI/ILD)" | | "Indicador 3: Obligaciones a Corto Plazo y Proveedores y Contratistas sobre Ingresos Totales (OCPyPC/IT)" | |
|---------------------|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Aguascalientes | ● | 34.7% | ● | 3.1% | ● | -8.2% | ● |
| Baja California | ● | 63.8% | ● | 4.2% | ● | 2.2% | ● |
| Baja California Sur | ● | 24.4% | ● | 4.3% | ● | -1.3% | ● |
| Campeche | ● | 28.8% | ● | 2.3% | ● | -4.5% | ● |
| Coahuila | ● | 155.8% | ● | 13.7% | ● | 1.4% | ● |
| Colima | ● | 73.9% | ● | 7.8% | ● | 13.1% | ● |
| Chiapas | ● | 56.2% | ● | 4.8% | ● | -5.5% | ● |
| Chihuahua | ● | 136.0% | ● | 10.2% | ● | 6.8% | ● |
| Ciudad de México | ● | 53.3% | ● | 3.7% | ● | -2.3% | ● |
| Durango* | ● | | | | | | |
| Guanajuato | ● | 34.8% | ● | 3.9% | ● | -12.9% | ● |
| Guerrero | ● | 21.0% | ● | 2.3% | ● | 5.5% | ● |
| Hidalgo | ● | 25.4% | ● | 3.4% | ● | -2.0% | ● |
| Jalisco | ● | 47.5% | ● | 3.8% | ● | -1.9% | ● |
| México | ● | 40.4% | ● | 3.2% | ● | -1.0% | ● |
| Michoacán | ● | 72.6% | ● | 6.3% | ● | 2.7% | ● |
| Morelos | ● | 58.0% | ● | 5.1% | ● | -0.5% | ● |
| Nayarit | ● | 76.7% | ● | 4.3% | ● | 3.3% | ● |
| Nuevo León | ● | 110.5% | ● | 9.1% | ● | 3.5% | ● |
| Oaxaca | ● | 68.0% | ● | 6.8% | ● | 3.4% | ● |
| Puebla | ● | 31.0% | ● | 5.4% | ● | -4.6% | ● |
| Querétaro | ● | 0.0% | ● | 0.3% | ● | -9.5% | ● |
| Quintana Roo | ● | 133.0% | ● | 8.3% | ● | 8.4% | ● |
| San Luis Potosí | ● | 33.5% | ● | 4.7% | ● | 7.5% | ● |

| <i>Entidad federativa</i> | <i>Resultado del Sistema de Alertas</i> | <i>“Indicador 1: Deuda Pública y Obligaciones sobre Ingresos de Libre Disposición (DyO/ILD)”</i> | | <i>“Indicador 2: Servicio de la Deuda y de Obligaciones sobre Ingresos de Libre Disposición (SDyPI/ILD)”</i> | | <i>“Indicador 3: Obligaciones a Corto Plazo y Proveedores y Contratistas sobre Ingresos Totales (OCPyPC/IT)”</i> | |
|---------------------------|---|--|---|--|---|--|---|
| Sinaloa | ● | 20.0% | ● | 2.1% | ● | 0.0% | ● |
| Sonora | ● | 93.3% | ● | 7.3% | ● | 5.4% | ● |
| Tabasco | ● | 32.3% | ● | 3.2% | ● | 6.0% | ● |
| Tamaulipas | ● | 71.2% | ● | 6.6% | ● | 0.7% | ● |
| Veracruz | ● | 70.6% | ● | 5.3% | ● | -1.6% | ● |
| Yucatán | ● | 51.0% | ● | 4.6% | ● | 0.5% | ● |
| Zacatecas | ● | 60.3% | ● | 5.1% | ● | 3.7% | ● |

* Este resultado corresponde a la clasificación automática por aplicación del artículo 15 del Reglamento del Sistema de Alertas.

Notas:

1. Tlaxcala no es objeto de la medición del Sistema de Alertas, toda vez que no cuenta con financiamientos y obligaciones inscritos en el Registro Público Único.
2. Las cifras utilizadas para el cálculo tomaron en consideración la información y documentación proporcionada por las entidades federativas de acuerdo con el artículo 57 de la Ley de Disciplina de las Entidades Federativas y los Municipios, la información contable publicada por las propias.

La validez, veracidad y exactitud de la misma es responsabilidad de cada una de las entidades federativas.

Fuente: SHCP, 2022a.

Al observar el Sistema de Alerta (en el cuadro 8.5) pareciera que el problema del endeudamiento público de los estados y municipios ya se resolvió. Son cuestionables los rangos del Sistema de Alertas porque es sostenible cuando la deuda pública representa el 100% de los ingresos de libre disposición (monto de participaciones e ingresos propios), si consideramos la estructura de ingresos de los estados, y su gran dependencia de las transferencias federales, el 100% ya debería ser muy elevado. En el sistema de alertas se considera elevado si es igual o mayor al 200% de los ingresos de libre disposición.

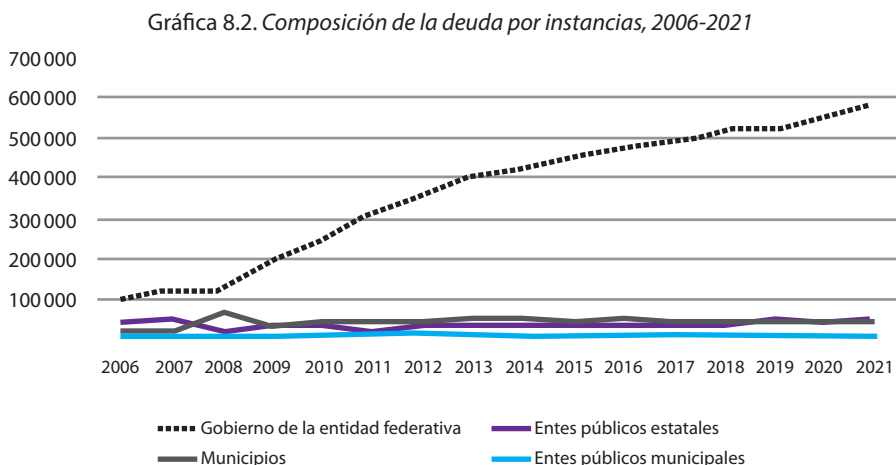
Es importante que la SHCP, revise los rangos de indicadores de deuda, porque por un lado no se realiza el saneamiento de las finanzas estatales y por otro permiten un mayor nivel de endeudamiento de los gobiernos estatales.

A continuación, sin considerar el sistema de alertas, se brindan algunos datos del nivel de endeudamiento de los gobiernos subnacionales del país.

6. Comportamiento de la deuda subnacional en México

A pesar de la implementación de la Ley de Disciplina Financiera que se ha venido implementando desde 2016 a la fecha (2022), se sigue dando un aumento del endeudamiento, aunque no con el mismo ritmo de crecimiento que se generó entre 2009 a 2013 (*vid.* gráfica 8.5).

La situación del endeudamiento subnacional es mayor en las entidades federativas que en los municipios, como lo podemos apreciar en la gráfica 8.2. Pero ello no significa que no haya municipios muy endeudados. Si es verdad que en 2008 la deuda de los municipios se incrementó, de 2009 a 2021 prácticamente se ha mantenido constante.



Fuente: SHCP, 2022.

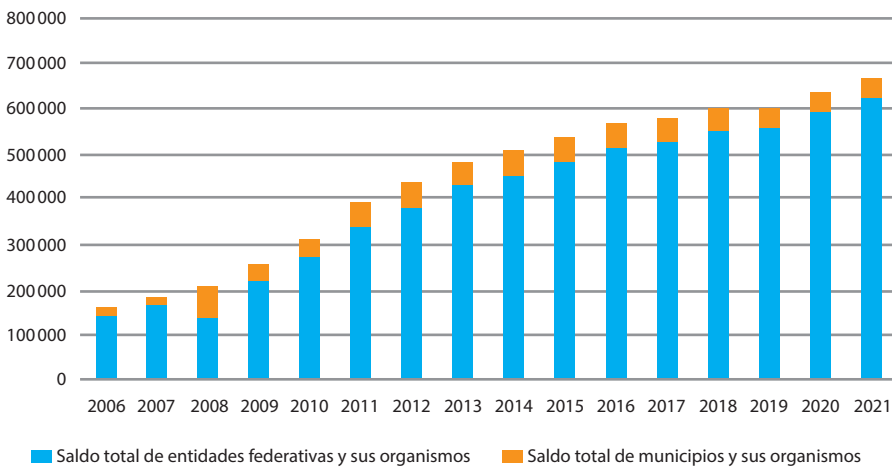
Aunque la gráfica 8.3 también contiene la información de endeudamiento de los municipios nos centraremos prácticamente en el comportamiento del endeudamiento de los estados. Se observa que de 2008 a 2018 el monto de la deuda de los estados pasó de 203 070.2 millones de pesos a 601 218.3 millones de pesos, aumentando 2.9 veces. De 2008 a 2021 la deuda aumento 228.4 por ciento.

De 2008 a 2018 la deuda de los estados tuvo un crecimiento constante, el mayor ritmo de crecimiento fue de 2008 a 2013, su crecimiento es más

lento del 2013 al 2016; de 2017 a 2019 se incrementa muy poco, para 2021 vemos que el aumento es mayor.

Aunque la Ley de Disciplina Financiera se aprueba en 2015 pasará más de un año para que los estados se adecuen a los nuevos procedimientos que implica la nueva normatividad. Podríamos decir que de 2015 a 2016 se tuvo un proceso de transición. A partir de 2017 tendremos a todos los estados con la aplicación de la nueva normatividad de la Ley de Disciplina Financiera.

Gráfica 8.3. Evolución del financiamiento de los estados, 2006-2021



Fuente: SHCP, 2022.

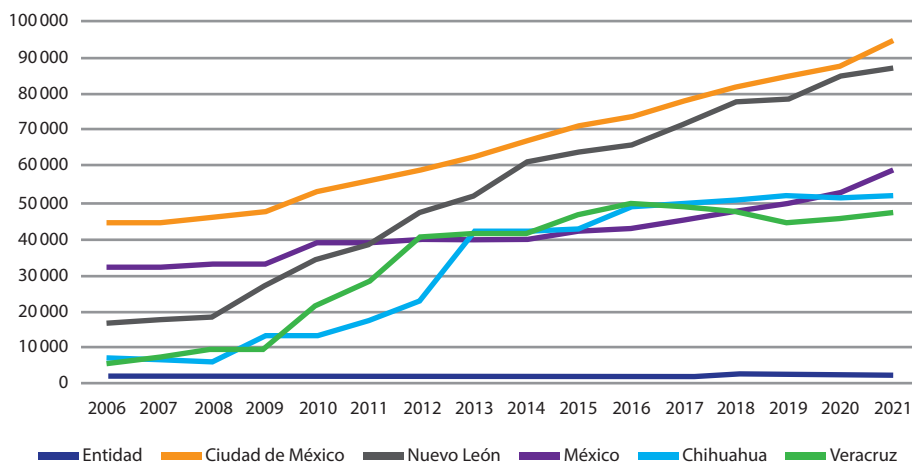
Como hemos señalado, el problema principal de endeudamiento se encuentra principalmente en los estados, aunque la mayor dificultad se encuentra en los estados más endeudados.

En la gráfica 8.4 se puede apreciar a los cinco estados más endeudados, de 2006 a 2021. Podemos observar que el incremento del endeudamiento se da sobre todo a partir de 2008.

La Ciudad de México de 2006 a 2021 pasó de 44085.9 millones de pesos a 94474.2 millones de pesos; en la gráfica 8.4 se observa un incremento constante, en este periodo su deuda se incrementó 114.2%. Los que tuvieron un mayor ritmo de crecimiento en este mismo periodo de 2006 a 2021 fueron Nuevo León, con 421.03%; Veracruz, con 742.3% y Chihuahua con 657.3%.

El Estado de México, aunque es el tercero más endeudado en cuanto a monto, no ha tenido un incremento abrupto de su deuda, sin embargo, en el periodo señalado su deuda se incrementó 85.1 por ciento.

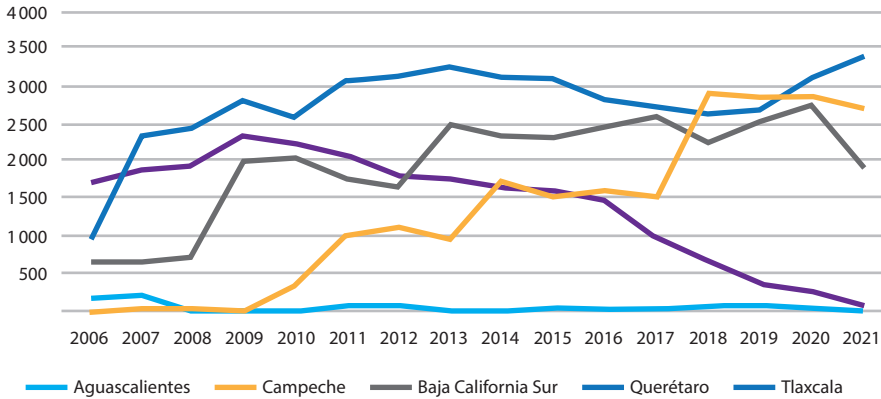
Gráfica 8.4. Estados con mayor endeudamiento público



Fuente: SHCP, 2022.

En la gráfica 8.5 tenemos a los estados menos endeudados en 2021. Campeche ha mantenido un incremento de su deuda, lo mismo que Aguascalientes, pero a un ritmo diferente. En 2021 se observa que Baja California Sur disminuyó su deuda. Querétaro es el único estado que se observa con una tendencia a disminuir de manera constante su endeudamiento, mientras que Tlaxcala es el único estado con endeudamiento cero, ello se debe a que su Constitución Política del Estado lo limita de manera rigurosa. A la letra el artículo 101 de su Constitución dice: “En el caso de los ingresos que se obtengan por contratación de Deuda Pública, considerando al Estado y Municipios durante un año fiscal, no podrán ser superiores al 3% del equivalente al presupuesto inicialmente autorizado para el Estado durante ese año. Dicho monto deberá ser liquidado a más tardar en el año fiscal inmediato posterior, no pudiendo contratar nuevos créditos si existiesen adeudos derivados de este concepto” (Tlaxcala, Constitución Política, 1998: artículo 101).

Gráfica 8.5. Estado con menor endeudamiento público, 2006-2021



Fuente: SHCP, 2022.

Dada la hipótesis de este trabajo se observa, en el caso de Tlaxcala, que la normatividad tiene un papel fundamental en los niveles de endeudamiento de los estados.

7. Conclusión

Ante el alto ritmo de crecimiento del endeudamiento público de los estados y municipios que se presentó después de la crisis de 2008-2009 el gobierno de Enrique Peña Nieto se propuso modificar la normatividad para restringir y normar el endeudamiento de las entidades federativas y municipios. Hubo modificaciones a la Ley de Coordinación Fiscal y a otras normas para resolver este problema, finalmente a través de una reforma constitucional se promulga en 2015 la Ley de Disciplina Financiera de las Entidades Federativas y Municipios, nombrada en este artículo Ley de Disciplina Financiera, que tenía como finalidad solucionar esta problemática.

La Ley de Disciplina Financiera tiene alcances y limitaciones. Dentro de sus alcances podemos mencionar que el Registro Único de Deuda considera toda la deuda pública del estado, tanto la que está garantizada por las transferencias federales como la que se contrata con proveedores o bien se responde con ingresos propios.

Una de las limitaciones de esta ley es que, con base en el Sistema de Alertas, pareciera que no existen problemas de endeudamiento en los estados, porque la mayoría aparecen con endeudamiento sostenible. En la práctica muchas de las haciendas estatales tienen dificultades para cubrir su gasto público porque en lugar de destinar recursos a cubrir sus requerimientos financieros lo canalizan al pago de intereses o amortización de la deuda pública.

Con los amplios rangos que se dan en los indicadores del Sistema de Alertas entre la relación de ingreso y deuda pública en la práctica no permiten una limitación o una restricción real del endeudamiento.

Es importante revisar los rangos de estos indicadores para tener una mejor valoración de la capacidad real de pago de los estados sin afectar a la hacienda pública estatal. Una línea de trabajo próxima a desarrollar.

Bibliografía

- Aghón, G. (1993). Descentralización Fiscal: marco conceptual. "Serie Política Fiscal". ONU/CEPAL. Santiago de Chile, p. 57. www.eclac.cl/publicaciones/DesarrolloEconomico/3/LCL973/LCL793.pdf.
- Alcántara, C. (2015). Ley que acota deuda de los estados y financieros es insuficiente, *El Financiero*, 20 de febrero, p. 5.
- Astudillo, M. (2001). Finanzas locales en *Finanzas públicas de México*, Enrique Arriaga Conchas (coord.) (2a. ed.). IPN, México, 295-337.
- CEVGyDPEyM (2016). Disciplina financiera en las Entidades Federativas y Municipios en México. Documento de la Comisión Especial de Vigilancia del Gasto y Deuda Pública de los Estados y Municipios (CEVGyDPEyM). Consultado en <http://www.orfis.gob.mx/wp-content/uploads/2017/05/CuadernoDFEM.pdf>.
- González Amador, R. (2013). Moody's: deuda de estados y municipios se dispararon por comicios en 2012, *La Jornada*, México, 13 de enero. Consultado en <http://www.jornada.unam.mx/2013/01/31/politica/012n2pol>.
- Jardinez, R. (2013). En deuda con CFE, 740 municipios en México: IFAI, WRadio Noticias, México, 27 de octubre. Consultado en <http://www.wradio.com.mx/noticias/actualidad/en-deuda-con-cfe-740-municipios-de-mexico-ifai/20131027/nota/2002786.aspx>.
- INEGI (2022). Finanzas públicas estatales y municipales. Subsistema de información económica. Ingresos de los estados, 2019-2020. Consultado en <https://www.inegi.org.mx/programas/finanzas/#Tabulados>.
- LAPP (2016). Ley de Asociaciones Publico Privadas, Cámara de diputados, *Diario oficial*

- de la Federación. 21 de abril. Consultado en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAPP_210416.pdf.
- LCF (2013). Ley de Coordinación Fiscal. Cámara de diputados. *Diario Oficial de la Federación*, 12 de diciembre de 2011. Consultado en www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/31.pdf.
- LCF (2014). Ley de Coordinación Fiscal. Cámara de diputados. *Diario Oficial de la Federación*, 11 de agosto. Consultado en www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/31_110814.pdf.
- LCF (2018). Ley de Coordinación Fiscal, Cámara de diputados. *Diario Oficial de la Federación*, 30 de enero de 2018. Consultado en www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/31_300118.pdf.
- LDF (2022). Ley de Disciplina Financiera de las Entidades Federativas y Municipios, *Diario Oficial de la Federación*, 10 de mayo.
- LFDP (2016). Ley Federal de Deuda Pública. Cámara de Diputados, México, *Diario Oficial de la Federación*, 27 de abril, México. Consultado en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/136_270416.pdf.
- Oates, Wallace E. (1977). *Federalismo Fiscal*. "Nuevo Urbanismo", Trad. Pablo Pérez Jiménez (1a. ed.) España, Instituto de Estudios de Administración Local, p. 323.
- SHCP (2001). El Reglamento del artículo 9 de la Ley de Coordinación Fiscal en Materia de Registro de Obligaciones y empréstitos de entidades Federativas y Municipios, *Diario Oficial de la Federación*, 15 de octubre. Consultado en https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/abro_Reg_LCF_Art9.pdf.
- SHCP (2016). Reglamento del Registro Único de financiamientos y obligaciones de entidades federativas y municipios, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, *Diario Oficial de la Federación*, 25 octubre. Consultado en <https://www.disciplinafinanciera.hacienda.gob.mx>.
- SHCP (2022). Financiamientos de Entidades Federativas, Municipios y sus Entes Públicos. Consultado en http://disciplinafinanciera.hacienda.gob.mx/es/DISCIPLINA_FINANCIERA/2018.
- SHCP (2022a). Sistema de Alertas, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Gobierno de la República, México. Consultado en www.disciplinafinanciera.hacienda.gob.mx
- Stiglitz, Joseph E. (2000). *La economía del Sector público*, (3a. ed.). Antoni Bosch: España p. 738.
- Tlaxcala Constitución (1998). Constitución Política del Estado libre y soberano de Tlaxcala. Congreso del Estado. Consultado en www.diputados.gob.mx/bibliot/infolegi/consedos/constitu/tlaxcala.htm.

Capítulo 9. *Short Iron Condor* como una estrategia de volatilidad adecuada para la divisa dólar americano durante el primer trimestre del segundo año de la pandemia por Covid-19

ALFREDO FLORES DE LA FUENTE*

HÉCTOR ALONSO OLIVARES AGUAYO**

GODFREY OROZCO LIRA***

Resumen

El objetivo de la presente investigación es determinar mediante una técnica analítica la mejor estrategia de volatilidad con opciones financieras europeas sobre la divisa dólar americano durante el primer trimestre del segundo año de la pandemia por Covid-19. Un tema que ha impactado al crecimiento y con ello al desarrollo económico de nuestro país en los últimos años, pero que con propuestas de gestión financiera, se realiza un análisis de diversas estrategias de gestión para la volatilidad comunes o de fácil construcción (portafolio bivariado compuesto por dos opciones financieras) y no comunes o de construcción compleja (portafolio compuesto por cuatro opciones financieras). Los resultados, durante un periodo de contingencia sanitaria nacional, muestran pérdidas para todas las estrategias de volatilidad comunes analizadas, mientras que se hallan ganancias para todas las estrategias de volatilidad no comunes (diversos tipos de *Short Butterfly* y *Short Condor*); por lo que estrategias de volatilidad no comunes son recomendadas para

Agradecimiento: Reconocemos a la Universidad La Salle México por el apoyo brindado, ya que este trabajo se deriva de la tesis de maestría en Ingeniería Económica y Financiera "El Riesgo cambiario en tiempos de Covid-19" de Alfredo Flores de la Fuente, bajo la dirección del doctor Héctor Alonso Olivares Aguayo.

* Maestro en Ingeniería Económica y Financiera. Facultad de Negocios de la Universidad La Salle México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3091-819X>

** Doctor en Ciencias Económicas. Vicerrectoría de Investigación-Facultad de Negocios de la Universidad La Salle México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2609-8627>

*** Maestro en Ciencias Económicas. Instituto Politécnico Nacional-Escuela Superior de Economía-Departamento de Métodos Cuantitativos-Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0169-4887>

los inversionistas. Como limitación no se consideran costos de comisión en los contratos de opciones financieras. El trabajo es original porque los datos analizados se encuentran actualizados, mostrando los primeros hallazgos en el primer trimestre del segundo año de la pandemia por Covid-19. Se concluye que siempre se obtuvieron mayores ganancias en las estrategias del tipo *Short Condor* sobre las *Short Butterfly*. Particularmente en esta investigación la mejor estrategia de volatilidad en la situación económica fue el *Short Iron Condor*, pues representó la mayor ganancia con el subyacente dólar americano en el periodo analizado.

Palabras clave: *Covid-19, inversión, opciones financieras*

1. Introducción

El artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de acuerdo con el *Diario Oficial de la Federación* (DOF, 2016), establece que las funciones que ejerce de manera exclusiva el Estado a través del Banco Central contando con facultades de autoridad y de la regulación de la intermediación no constituye monopolio y faculta al Congreso para legislar sobre servicios financieros. Las fuentes primarias del derecho bursátil son Ley de Instituciones de Crédito, Ley del Mercado de Valores, Ley para Regular las Agrupaciones Financieras, Ley de los Sistemas de Ahorro para el Retiro, entre otras.

Los organismos reguladores son la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), que es la mayor autoridad dentro de la supervisión del Sistema Financiero Mexicano en términos normativos: Banxico, el Instituto para la Protección al Ahorro Bancario (IPAB), la Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros (Condusef), la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV), la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (Consar), la Comisión Nacional de Servicios Financieros (CNSF), entre otros.

La Ley de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores, en salvaguarda de los intereses del público en el artículo 2 de la Ley de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (DOF, 2018), establece que la Comisión tiene como

fin regular y supervisar en la esfera de su competencia a las instituciones financieras.

Aquino (2009) afirma que en México comenzó en 1933 la actividad bursátil con la Ley Reglamentaria de Bolsas y se creó la Bolsa de Valores de México. En 1975 surge la Ley del Mercado de Valores y la Bolsa cambió su apelativo a Bolsa Mexicana de Valores, hasta ese momento existían dos Bolsas de Valores Mexicanas, una en Guadalajara y otra en Monterrey, y en 1978 se establece el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC), hoy llamado S&P BMV/IPC, que es el principal índice de México.

La naturaleza jurídica de la Bolsa Mexicana de Valores es ser una Sociedad Anónima de Capital Variable con concesión de la SHCP. Los requerimientos jurídicos para la constitución de una bolsa de valores en México son: la nacionalidad, el domicilio y nombre, el objeto es el acceso a técnicas de negociación que consientan el contacto de oferta y demanda de valores, la duración es indefinida, el capital social es determinado por la SHCP y el nombre o razón social.

En esta tesitura, el objeto de la actividad bursátil son los valores, que se definen en el artículo 2 de la Ley del Mercado de Valores (DOF, 2019a), como títulos de crédito, y dentro de estos instrumentos financieros se encuentran los derivados, que se definen también en dicho artículo en la fracción XIV como los contratos, valores u otro acto jurídico cuya valuación esté referida a uno o más activos subyacentes.

El artículo 65 de la Ley del Mercado de Valores establece que si conforme a su objeto las casas de bolsa y las instituciones de crédito pueden operar títulos opcionales alusivos a un activo subyacente podrán emitirlos, el artículo 66 indica que sus principales instrumentos son las opciones financieras y los futuros, por ello, los títulos opcionales son títulos de crédito que conferirán a sus tenedores derechos de compra o de venta por el pago de una prima, art. 65 y 66 de la Ley del Mercado de Valores (DOF, 2019b).

Los activos subyacentes más utilizados son las divisas, los índices accionarios, las tasas de interés y las acciones individuales. Cabe señalar que el Mercado Mexicano de Derivados (MexDer) comercializa contratos de opciones financieras del tipo europeo únicamente sobre la divisa dólar americano. Esta investigación es alineada con el MexDer, cuyo objetivo es determinar la mejor estrategia de volatilidad con opciones financieras europeas

sobre dicha divisa durante el primer trimestre del segundo año de la pandemia por Covid-19 (31/12/2020-31/03/2021), bajo la hipótesis de que las estrategias de volatilidad no comunes otorgan mayores ganancias que las comunes, independientemente del comportamiento que tenga la divisa dólar americano.

De esta manera y con investigaciones relacionadas (Fierros, 2012) se ha mostrado que este tipo de análisis son importantes en diversos entornos, como la actual contingencia sanitaria que vivimos (Covid-19), y en este caso no solo nacional sino también a nivel mundial, que pone la estabilidad económica en riesgo. Es por ello que con este capítulo se busca proponer medidas de optimización y solución a cualquier tipo de inversionista (público o privado) para poder gestionar de mejor manera las finanzas de una organización o tesorería, y con ello que el desarrollo y crecimiento de la economía mexicana se vea beneficiada con este tipo de estrategias de inversión.

La estructura del documento se describe a continuación. En la sección 2 se presenta la revisión de literatura, en la sección 3 la metodología usada, posteriormente en la sección 4 se obtiene el análisis de los resultados, y finalmente en la sección 5 las conclusiones de la investigación.

2. Revisión de literatura

La economía financiera se encuentra dentro de la escuela clásica, ya que considera supuestos microeconómicos, a través de teorías como la utilidad esperada (Von Neumann y Morgenstern, 1944), donde es utilizado el concepto matemático-probabilístico del valor esperado de la función de utilidad de cada agente económico analizando el comportamiento de las curvas de indiferencia de dicho agente, pudiendo ser adverso, neutral o amante al riesgo, dependiendo de la forma en que decida arriesgar su riqueza “segura”. La teoría anterior fue fundamental para el desarrollo de la teoría de la selección de portafolios a través de la diversificación de activos financieros (Markowitz, 1952) y su extensión a través de las investigaciones aisladas de Tobin (1958), Treynor (1962), Lintner (1966), Mossin (1966) y Sharpe (1970), las cuales convergen al modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model), más tarde generalizado en el modelo APT (Arbitrage Pricing Theory), donde los

agentes económicos pueden prestar o pedir prestado a través del *benchmark*, conocido como “tasa libre de riesgo”, denominado así en el argot financiero, ya que realmente dicha tasa es la que tiene el menor riesgo de incumplimiento por parte del gobierno federal hacia los agentes económicos; es importante mencionar que a partir de esta teoría comienzan las finanzas modernas, donde los agentes económicos pueden tomar decisiones de inversión con base en dos variables de interés: el rendimiento esperado y el riesgo que están dispuestos a asumir para lograr ese rendimiento, siendo en finanzas la desviación estándar la medida tradicional de dicho riesgo, mostrado a través de la volatilidad del componente que se desea analizar. La volatilidad también es una variable de sumo interés analizada dentro de la teoría de la fijación de precios de los derivados; por ejemplo, en las opciones financieras creadas a partir de la fórmula de Black y Scholes (1973) y Merton (1973), basada en el supuesto de que el precio del activo subyacente sigue un proceso de difusión lognormal con volatilidad constante, que es la referencia usual para calcular precios de opciones financieras sobre un activo subyacente. No obstante, desde el punto de vista del mercado, este supuesto no se cumple, por ejemplo: las volatilidades implícitas obtenidas con el modelo de Black y Scholes para diferentes plazos y precios de ejercicio no son constantes y tienden a ser en forma de sonrisa. Durante las últimas décadas múltiples trabajos han propuesto extensiones al modelo Black y Scholes para explicar este hecho estilizado. Un enfoque propuesto por Merton (1973) asume que la volatilidad sea una función determinista del tiempo. Otros modelos que tratan con la heteroscedasticidad incluyen el modelo de elasticidad constante en la varianza (constant-elasticity-of-variance model) de Cox (1975), Christoffersen *et al.* (2010), Hao y Zhang (2013), entre otros. De acuerdo con Cont (2001), una de las características de los rendimientos de las series de tiempo financieras es que su media parece ser constante, mientras su varianza cambia con el tiempo. Además, los rendimientos muestran *clusters* de volatilidad: grandes cambios en los rendimientos son seguidos por otros grandes cambios. Tal fenómeno fue estudiado por primera vez en Mandelbrot (1963). Al combinar las opciones financieras generan para el agente económico estrategias comúnmente de control del riesgo que se tiene en la volatilidad de la variable de interés. Las estrategias son generadas al comprar y vender dichas opciones, de acuerdo con la expectativa

que tenga el agente económico sobre el comportamiento del precio futuro en la variable que se desea analizar. Las estrategias con opciones financieras son útiles porque el agente puede protegerse ante cambios en el precio del subyacente y por supuesto de su volatilidad, es por ello que las estrategias pueden clasificarse en cinco clases: alcistas, bajistas, neutrales, de arbitraje y de volatilidad, como plantea McMillan (2002). Sin embargo, el factor más importante para determinar el precio de una opción financiera es la incertidumbre asociada a la dinámica del activo subyacente, usualmente medida por su volatilidad, y cuya fuente son los cambios drásticos en precio y del mercado. La volatilidad es una variable clave que está implícita en la mayoría de los instrumentos financieros y juega un papel central en muchas áreas de finanzas cuantitativas. Por ejemplo, la volatilidad es fundamental en los modelos de valuación de activos y en estrategias de cobertura dinámica, así como en la determinación de los precios de las opciones financieras. Algunas investigaciones más recientes de estrategias de volatilidad con opciones financieras son: Olivares *et al.* (2015), donde se determina que la estrategia *short straddle* es viable en periodos de tiempo menores a tres meses para el componente KIMBER-A del IPC debido a que dicho componente fue poco volátil, mientras que en Olivares *et al.* (2016a) se muestra que la estrategia *strangle* es viable en periodos de tiempo hasta de mes y medio para los componentes ALFA-A y BIMBO-A del IPC debido a que dichos componentes tuvieron cambios drásticos en su precio, es decir, fueron muy volátiles. Ortiz *et al.* (2016) combinan una estrategia de alta volatilidad con una de poca variación generando la estrategia *Butterfly*, donde al usar la simulación Monte Carlo en los precios de las opciones financieras se observa que es adecuada dicha estrategia a 45 días en el IPC debido a la poca volatilidad que tuvo su precio. Por otro lado, en estrategias de cobertura de riesgos se muestra en Olivares *et al.* (2016b) la viabilidad al alza en el sector de alimentos mediante la estrategia *bull* y a la baja en el sector de construcción con la estrategia *bear* en el año 2013; es importante enfatizar que para el año 2014 salieron los componentes del sector de construcción de la lista del IPC, ya que la tendencia mostrada a la baja ya daba síntomas de que sucedería así. Una investigación mexicana actual sobre el tema de cobertura con derivados es la de Valadez y Ortiz (2020), quienes analizan la cobertura de contratos futuros sobre el dólar americano en el MexDer y en el *Chicago*

Mercantile Exchange (CME). Por otro lado, como una investigación extranjera relevante se tiene la de El-Khatib y Hatemi (2020), quienes analizan las sensibilidades en precios de un mercado en tiempos de crisis financiera, bajo la expectativa de que las fórmulas obtenidas mejoren la precisión de la estrategia de cobertura.

3. Metodología

3.1 Metodología de Black y Scholes para la valuación de opciones financieras *call* y *put* sobre divisas

La fórmula para valorar una opción financiera *call* sobre divisas es la siguiente:

$$c = S_0 e^{-rT} N(d_1) - X e^{-iT} N(d_2) \quad (1)$$

Donde:

d_1 y d_2 se definen como:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left((i - r) + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}, d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (2)$$

Asimismo, la ganancia de la opción financiera de compra está determinada por la expresión matemática:

$$G_c = \max\{S_T - X, 0\} - c \quad (3)$$

Para el caso de una opción financiera *put* sobre divisas es:

$$p = X e^{-iT} N(-d_2) - S_0 e^{-rT} N(-d_1) \quad (4)$$

Donde:

$N(-d_1) = 1 - N(d_1)$ y $N(-d_2) = 1 - N(d_2)$ respectivamente.

Asimismo, la ganancia de la opción financiera de venta está determinada por la expresión matemática:

$$G_p = \max\{X - S_T, 0\} - p \quad (5)$$

Donde:

c : Prima de la opción financiera de compra *call*.

p : Prima de la opción financiera de venta *put*.

X : Precio de ejercicio de la opción financiera de compra *call*.

S_0 : Valor del activo subyacente al inicio del contrato.

T : Tiempo de vencimiento del contrato de la opción financiera de compra *call* en términos anuales.

S_T : Valor del activo subyacente al final del contrato de la opción financiera de compra *call*.

i : Tasa de interés nacional “libre de riesgo” en un año.

r : Tasa de interés extranjera “libre de riesgo” en un año.

$N(d_j)$: Probabilidad acumulada de la distribución normal estándar en el valor d_j , $j = 1, 2$.

σ : Volatilidad anual del rendimiento del activo subyacente.

G_c : Ganancia de la opción financiera de compra *call* al final de la vigencia del contrato.

G_p : Ganancia de la opción financiera de venta *put* al final de la vigencia del contrato.

3.1.1 Opciones financieras

Hay dos tipos de opciones financieras que son las de compra (*call*) y las de venta (*put*), ambas tienen la posición larga y la posición corta. La posición larga es cuando el inversionista paga la prima por tener el derecho de ejercer el seguro financiero, mientras que la corta recibe esta prima por estar obligada a entregar el activo subyacente en la fecha de vencimiento estipulada en el contrato.

Una opción financiera puede estar desde el inicio del contrato dentro de dinero, en dinero o fuera de dinero, es decir:

Dentro de dinero: Cuando el poseedor de la opción financiera está en la zona de ganancias.

En dinero: Cuando el poseedor del activo subyacente es exactamente el mismo que el precio de ejercicio pactado.

Fuera de dinero: Cuando el poseedor de la opción financiera está fuera de la zona de ganancias.

Las opciones financieras también por su estilo se clasifican en tres tipos: americana, bermuda y europea.

Americana: Puede ser ejercida por el poseedor de la opción en cualquier momento durante la vigencia del contrato.

Bermuda: Puede ser ejercida por el poseedor de la opción únicamente sobre ciertos momentos durante la vigencia del contrato.

Europea: Puede ser ejercida por el poseedor de la opción únicamente al final de la vigencia del contrato, es decir, al vencimiento.

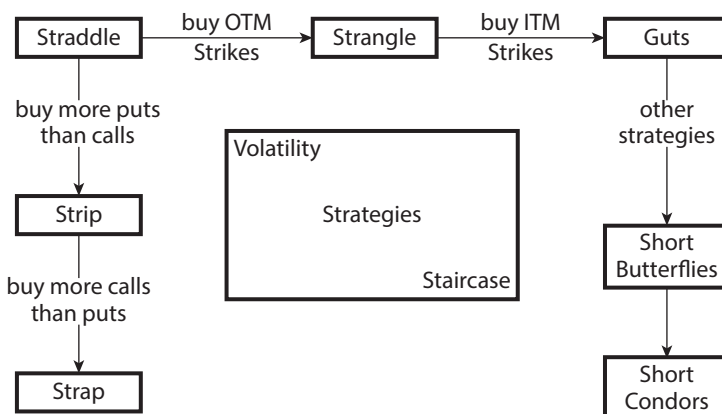
En esta investigación se consideran opciones del tipo europeo dado que así lo establece el MexDer para el tipo de cambio dólar americano.

3.1.2 Estrategias de volatilidad

Las estrategias de volatilidad son especulativas y son usadas principalmente para cambios drásticos en el activo subyacente, donde el inversionista tiene la expectativa de obtener ganancias extraordinarias.

En la figura 9.1 se muestra cómo se vinculan las diversas estrategias de volatilidad, destacando sus similitudes y diferencias.

Figura 9.1. Vinculación de las diversas estrategias de volatilidad



3.1.2.1. *Straddle*

El *Straddle* es la estrategia de volatilidad más popular y la más fácil de entender. Simplemente la estrategia consiste en comprar opciones financieras *call* y *put* con el mismo precio de ejercicio en la misma fecha de vencimiento. La expectativa es que el activo subyacente se dispare o se desplome drásticamente para obtener ganancia.

3.1.2.2. *Strangle*

El *Strangle* es un ajuste simple al *Straddle* para hacerlo un poco más barato.

La diferencia es comprar opciones financieras que se encuentren fuera de dinero, lo que genera un menor costo y, por lo tanto, rendimientos potencialmente mayores.

3.1.2.3. *Strip*

El *Strip* es un ajuste simple al *Straddle* para hacerlo más sesgado hacia abajo. Al comprar una segunda opción financiera *put*.

3.1.2.4. *Strap*

El *Strap* es un ajuste simple al *Straddle* para hacerlo más sesgado hacia arriba. Al comprar una segunda opción financiera *call*.

3.1.2.5. *Guts*

El *Guts* es un simple ajuste al *Strangle*, pero este ajuste lo hace más costoso. En lugar de comprar opciones financieras fuera de dinero, la estrategia consiste en comprar opciones financieras *call* y *put* dentro de dinero.

3.1.2.6. *Short Call Butterfly*

El *Short Call Butterfly* es otra estrategia de volatilidad. La razón por la que las mariposas cortas no son particularmente populares es porque a pesar de que

producen una ganancia neta, ofrecen rendimientos muy pequeños en comparación con los *straddles* y los *strangles* con solo un poco menos de riesgo.

3.1.2.7. Short Put Butterfly

El *Short Put Butterfly* es idéntico al *Short Call Butterfly*, excepto que usa opciones financieras *put* para su construcción.

3.1.2.8. Short Call Condor

El *Short Call Condor* es idéntico al *Short Call Butterfly*, con la excepción de que las opciones financieras compradas en los precios de ejercicio intermedios son distintos.

3.1.2.9. Short Put Condor

El *Short Put Condor* es idéntico al *Short Call Condor* excepto que usa para su construcción opciones *put* en vez de *call*.

3.1.2.10. Short Iron Butterfly

El *Short Iron Butterfly* es otra estrategia de volatilidad. Sin embargo, al tener un pequeño rango en ganancias intermedias no es la estrategia de volatilidad más recomendada.

3.1.2.11. Short Iron Condor

El *Short Iron Condor* es otra estrategia de volatilidad. Se diferencia del *Short Iron Butterfly* porque los valores intermedios están más separados.

4. Análisis de resultados

En esta investigación se analizaron 11 estrategias de volatilidad con opciones financieras europeas sobre la divisa dólar americano comercializada

en el MexDer, se trabajó con la tasa de interés nacional libre de riesgo TIEE y la extranjera T-Bill. Con base en la información publicada por Banxico, la volatilidad es histórica extraída del vector de precios. En cuanto a la periodicidad si bien MexDer estipula que estos tipos de contratos pueden comercializarse cada tres meses hasta por un año, en este estudio se considera un periodo de inversión trimestral; el periodo de valuación de cada opción financiera europea corresponde del 31/12/2020 al 31/03/2021, es decir, el primer trimestre del segundo año desde la llegada del Covid-19 a nuestro mundo. En el cuadro 9.1 se muestran los valores usados en cada variable para la obtención de los resultados para cada opción financiera europea analizada y por ende la construcción de cada estrategia de volatilidad.

Cuadro 9.1. *Valores para la conformación de las estrategias de volatilidad para el dólar americano*

| <i>Variable</i> | <i>USD</i> |
|-----------------|------------|
| σ | 9.3608% |
| i | 1.1211% |
| S_0 | \$19.8710 |
| S_T | \$20.4220 |
| X_1 | \$19.7710 |
| X_2 | \$19.8210 |
| X_3 | \$19.8710 |
| X_4 | \$19.9210 |
| X_5 | \$19.9710 |
| P_{X_1} | \$0.5883 |
| P_{X_2} | \$0.6108 |
| P_{X_3} | \$0.6339 |
| P_{X_4} | \$0.6575 |
| P_{X_5} | \$0.6816 |
| C_{X_1} | \$0.9047 |
| C_{X_2} | \$0.8778 |
| C_{X_3} | \$0.8515 |
| C_{X_4} | \$0.8256 |
| C_{X_5} | \$0.8003 |

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 9.2 refleja las pérdidas o ganancias de forma individual y por lote de opciones sobre la divisa dólar americano, con base en MexDer este lote corresponde a 10 000 USD.

Cuadro 9.2. *Pérdidas o ganancias de las estrategias por lote de opciones europeas sobre la divisa dólar americano*

| <i>Estrategia</i> | <i>P & L USD</i> | <i>P & L USD (lote)</i> |
|-----------------------------|----------------------|---------------------------------|
| <i>Straddle</i> | -0.9344 | -9343.6599 |
| <i>Strangle</i> | -0.9355 | -9354.5223 |
| <i>Strip</i> | -1.5683 | -15682.7596 |
| <i>Strap</i> | -1.2348 | -12348.2200 |
| <i>Guts</i> | -0.9343 | -9343.3744 |
| <i>Short Call Butterfly</i> | 0.0005 | 5.2885 |
| <i>Short Put Butterfly</i> | 0.0005 | 5.2885 |
| <i>Short Call Condor</i> | 0.0016 | 15.8617 |
| <i>Short Put Condor</i> | 0.0016 | 15.8617 |
| <i>Short Iron Butterfly</i> | 0.0032 | 32.2980 |
| <i>Short Iron Condor</i> | 0.0033 | 32.5835 |

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 9.2 muestra que después de haber analizado 11 contratos de opciones financieras europeas sobre la divisa dólar americano, en el periodo de inversión correspondiente al primer trimestre del segundo año de la pandemia por Covid-19 la estrategia de volatilidad no común *Short Iron Condor* fue la mejor, con una ganancia de 0.0033 por dólar americano, mientras que la estrategia de volatilidad común *Strip* fue la que obtuvo el peor resultado con una pérdida de -1.5683 por dólar americano.

A continuación se muestran los cuadros y gráficas de esta investigación, considerando un valor inicial del dólar americano de 19.8710 MXN y final de 20.4220 MXN.

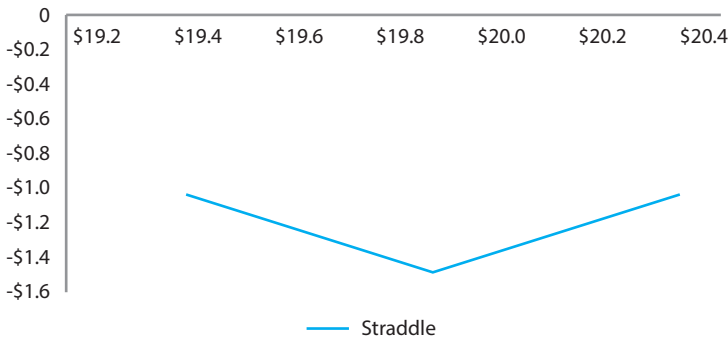
Cuadro 9.3. Estado de resultados de la estrategia de volatilidad común Straddle

| Subyacente | Call | Put | Straddle |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| \$19.4210 | -\$0.8515 | -\$0.1839 | -\$1.0354 |
| \$19.4710 | -\$0.8515 | -\$0.2339 | -\$1.0854 |
| \$19.5210 | -\$0.8515 | -\$0.2839 | -\$1.1354 |
| \$19.5710 | -\$0.8515 | -\$0.3339 | -\$1.1854 |
| \$19.6210 | -\$0.8515 | -\$0.3839 | -\$1.2354 |
| \$19.6710 | -\$0.8515 | -\$0.4339 | -\$1.2854 |
| \$19.7210 | -\$0.8515 | -\$0.4839 | -\$1.3354 |
| \$19.7710 | -\$0.8515 | -\$0.5339 | -\$1.3854 |
| \$19.8210 | -\$0.8515 | -\$0.5839 | -\$1.4354 |
| \$19.8710 | -\$0.8515 | -\$0.6339 | -\$1.4854 |
| \$19.9210 | -\$0.8015 | -\$0.6339 | -\$1.4354 |
| \$19.9710 | -\$0.7515 | -\$0.6339 | -\$1.3854 |
| \$20.0210 | -\$0.7015 | -\$0.6339 | -\$1.3354 |
| \$20.0710 | -\$0.6515 | -\$0.6339 | -\$1.2854 |
| \$20.1210 | -\$0.6015 | -\$0.6339 | -\$1.2354 |
| \$20.1710 | -\$0.5515 | -\$0.6339 | -\$1.1854 |
| \$20.2210 | -\$0.5015 | -\$0.6339 | -\$1.1354 |
| \$20.2710 | -\$0.4515 | -\$0.6339 | -\$1.0854 |
| \$20.3210 | -\$0.4015 | -\$0.6339 | -\$1.0354 |
| \$20.4220 | -\$0.3005 | -\$0.6339 | -\$0.9344 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9.3 se observa en el último renglón de la última columna una pérdida de -0.9344 por dólar americano para la estrategia *Straddle*, la cual se muestra en la figura 9.2.

Figura 9.2. Estrategia de volatilidad Straddle



Fuente: Elaboración propia.

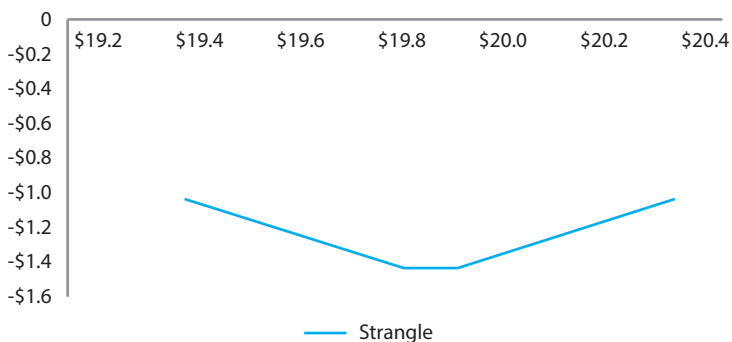
Cuadro 9.4. Estado de resultados de la estrategia de volatilidad común Strangle

| Subyacente | Call | Put | Strangle |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| \$19.4210 | -\$0.8256 | -\$0.2108 | -\$1.0365 |
| \$19.4710 | -\$0.8256 | -\$0.2608 | -\$1.0865 |
| \$19.5210 | -\$0.8256 | -\$0.3108 | -\$1.1365 |
| \$19.5710 | -\$0.8256 | -\$0.3608 | -\$1.1865 |
| \$19.6210 | -\$0.8256 | -\$0.4108 | -\$1.2365 |
| \$19.6710 | -\$0.8256 | -\$0.4608 | -\$1.2865 |
| \$19.7210 | -\$0.8256 | -\$0.5108 | -\$1.3365 |
| \$19.7710 | -\$0.8256 | -\$0.5608 | -\$1.3865 |
| \$19.8210 | -\$0.8256 | -\$0.6108 | -\$1.4365 |
| \$19.8710 | -\$0.8256 | -\$0.6108 | -\$1.4365 |
| \$19.9210 | -\$0.8256 | -\$0.6108 | -\$1.4365 |
| \$19.9710 | -\$0.7756 | -\$0.6108 | -\$1.3865 |
| \$20.0210 | -\$0.7256 | -\$0.6108 | -\$1.3365 |
| \$20.0710 | -\$0.6756 | -\$0.6108 | -\$1.2865 |
| \$20.1210 | -\$0.6256 | -\$0.6108 | -\$1.2365 |
| \$20.1710 | -\$0.5756 | -\$0.6108 | -\$1.1865 |
| \$20.2210 | -\$0.5256 | -\$0.6108 | -\$1.1365 |
| \$20.2710 | -\$0.4756 | -\$0.6108 | -\$1.0865 |
| \$20.3210 | -\$0.4256 | -\$0.6108 | -\$1.0365 |
| \$20.4220 | -\$0.3246 | -\$0.6108 | -\$0.9355 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9.4 se observa en el último renglón de la última columna una pérdida de -0.9355 por dólar americano para la estrategia *Strangle*, la cual se muestra en la figura 9.3.

Figura 9.3. Estrategia de volatilidad Strangle



Fuente: Elaboración propia.

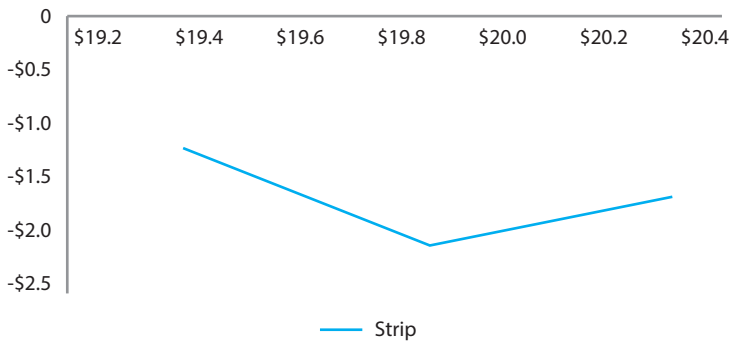
Cuadro 9.5. Estado de resultados de la estrategia de volatilidad común Strip

| Subyacente | Call | 2 Puts | Strip |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| \$19.4210 | -\$0.8515 | -\$0.3678 | -\$1.2193 |
| \$19.4710 | -\$0.8515 | -\$0.4678 | -\$1.3193 |
| \$19.5210 | -\$0.8515 | -\$0.5678 | -\$1.4193 |
| \$19.5710 | -\$0.8515 | -\$0.6678 | -\$1.5193 |
| \$19.6210 | -\$0.8515 | -\$0.7678 | -\$1.6193 |
| \$19.6710 | -\$0.8515 | -\$0.8678 | -\$1.7193 |
| \$19.7210 | -\$0.8515 | -\$0.9678 | -\$1.8193 |
| \$19.7710 | -\$0.8515 | -\$1.0678 | -\$1.9193 |
| \$19.8210 | -\$0.8515 | -\$1.1678 | -\$2.0193 |
| \$19.8710 | -\$0.8515 | -\$1.2678 | -\$2.1193 |
| \$19.9210 | -\$0.8015 | -\$1.2678 | -\$2.0693 |
| \$19.9710 | -\$0.7515 | -\$1.2678 | -\$2.0193 |
| \$20.0210 | -\$0.7015 | -\$1.2678 | -\$1.9693 |
| \$20.0710 | -\$0.6515 | -\$1.2678 | -\$1.9193 |
| \$20.1210 | -\$0.6015 | -\$1.2678 | -\$1.8693 |
| \$20.1710 | -\$0.5515 | -\$1.2678 | -\$1.8193 |
| \$20.2210 | -\$0.5015 | -\$1.2678 | -\$1.7693 |
| \$20.2710 | -\$0.4515 | -\$1.2678 | -\$1.7193 |
| \$20.3210 | -\$0.4015 | -\$1.2678 | -\$1.6693 |
| \$20.4220 | -\$0.3005 | -\$1.2678 | -\$1.5683 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9.5 se observa en el último renglón de la última columna una pérdida de -1.5683 por dólar americano para la estrategia *Strip*, la cual se muestra en la figura 9.4.

Figura 9.4. Estrategia de volatilidad Strip



Fuente: Elaboración propia.

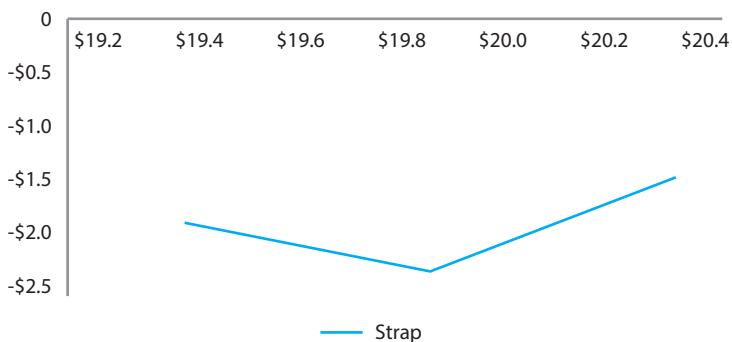
Cuadro 9.6. Estado de resultados de la estrategia de volatilidad común Strap

| Subyacente | 2 Calls | Put | Strap |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| \$19.4210 | -\$1.7029 | -\$0.1839 | -\$1.8868 |
| \$19.4710 | -\$1.7029 | -\$0.2339 | -\$1.9368 |
| \$19.5210 | -\$1.7029 | -\$0.2839 | -\$1.9868 |
| \$19.5710 | -\$1.7029 | -\$0.3339 | -\$2.0368 |
| \$19.6210 | -\$1.7029 | -\$0.3839 | -\$2.0868 |
| \$19.6710 | -\$1.7029 | -\$0.4339 | -\$2.1368 |
| \$19.7210 | -\$1.7029 | -\$0.4839 | -\$2.1868 |
| \$19.7710 | -\$1.7029 | -\$0.5339 | -\$2.2368 |
| \$19.8210 | -\$1.7029 | -\$0.5839 | -\$2.2868 |
| \$19.8710 | -\$1.7029 | -\$0.6339 | -\$2.3368 |
| \$19.9210 | -\$1.6029 | -\$0.6339 | -\$2.2368 |
| \$19.9710 | -\$1.5029 | -\$0.6339 | -\$2.1368 |
| \$20.0210 | -\$1.4029 | -\$0.6339 | -\$2.0368 |
| \$20.0710 | -\$1.3029 | -\$0.6339 | -\$1.9368 |
| \$20.1210 | -\$1.2029 | -\$0.6339 | -\$1.8368 |
| \$20.1710 | -\$1.1029 | -\$0.6339 | -\$1.7368 |
| \$20.2210 | -\$1.0029 | -\$0.6339 | -\$1.6368 |
| \$20.2710 | -\$0.9029 | -\$0.6339 | -\$1.5368 |
| \$20.3210 | -\$0.8029 | -\$0.6339 | -\$1.4368 |
| \$20.4220 | -\$0.6009 | -\$0.6339 | -\$1.2348 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9.6 se observa en el último renglón de la última columna una pérdida de -1.2348 por dólar americano para la estrategia *Strap*, la cual se muestra en la figura 9.5.

Figura 9.5. Estrategia de volatilidad Strap



Fuente: Elaboración propia.

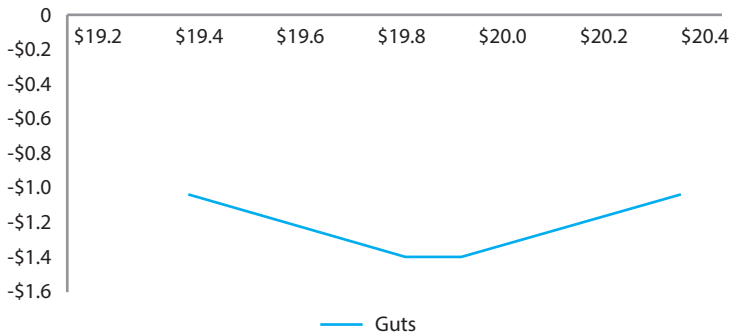
Cuadro 9.7. Estado de resultados de la estrategia de volatilidad común Guts

| Subyacente | Call | Put | Guts |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| \$19.4210 | -\$0.8778 | -\$0.1575 | -\$1.0353 |
| \$19.4710 | -\$0.8778 | -\$0.2075 | -\$1.0853 |
| \$19.5210 | -\$0.8778 | -\$0.2575 | -\$1.1353 |
| \$19.5710 | -\$0.8778 | -\$0.3075 | -\$1.1853 |
| \$19.6210 | -\$0.8778 | -\$0.3575 | -\$1.2353 |
| \$19.6710 | -\$0.8778 | -\$0.4075 | -\$1.2853 |
| \$19.7210 | -\$0.8778 | -\$0.4575 | -\$1.3353 |
| \$19.7710 | -\$0.8778 | -\$0.5075 | -\$1.3853 |
| \$19.8210 | -\$0.8778 | -\$0.5575 | -\$1.4353 |
| \$19.8710 | -\$0.8278 | -\$0.6075 | -\$1.4353 |
| \$19.9210 | -\$0.7778 | -\$0.6575 | -\$1.4353 |
| \$19.9710 | -\$0.7278 | -\$0.6575 | -\$1.3853 |
| \$20.0210 | -\$0.6778 | -\$0.6575 | -\$1.3353 |
| \$20.0710 | -\$0.6278 | -\$0.6575 | -\$1.2853 |
| \$20.1210 | -\$0.5778 | -\$0.6575 | -\$1.2353 |
| \$20.1710 | -\$0.5278 | -\$0.6575 | -\$1.1853 |
| \$20.2210 | -\$0.4778 | -\$0.6575 | -\$1.1353 |
| \$20.2710 | -\$0.4278 | -\$0.6575 | -\$1.0853 |
| \$20.3210 | -\$0.3778 | -\$0.6575 | -\$1.0353 |
| \$20.4220 | -\$0.2768 | -\$0.6575 | -\$0.9343 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9.7 se observa en el último renglón de la última columna una pérdida de -0.9343 por dólar americano para la estrategia *Guts*, la cual se muestra en la figura 9.6.

Figura 9.6. Estrategia de volatilidad Guts



Fuente: Elaboración propia.

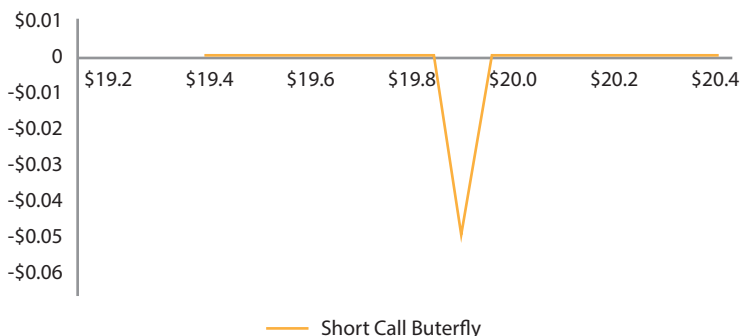
Cuadro 9.8. Estado de resultados de la estrategia de volatilidad no común Short Call Butterfly

| Subyacente | Short Call | 2 Calls | Short Call | Short Call Butterfly |
|------------|------------|-----------|------------|----------------------|
| \$19.4210 | \$0.8256 | -\$1.7029 | \$0.8778 | \$0.0005 |
| \$19.4710 | \$0.8256 | -\$1.7029 | \$0.8778 | \$0.0005 |
| \$19.5210 | \$0.8256 | -\$1.7029 | \$0.8778 | \$0.0005 |
| \$19.5710 | \$0.8256 | -\$1.7029 | \$0.8778 | \$0.0005 |
| \$19.6210 | \$0.8256 | -\$1.7029 | \$0.8778 | \$0.0005 |
| \$19.6710 | \$0.8256 | -\$1.7029 | \$0.8778 | \$0.0005 |
| \$19.7210 | \$0.8256 | -\$1.7029 | \$0.8778 | \$0.0005 |
| \$19.7710 | \$0.8256 | -\$1.7029 | \$0.8778 | \$0.0005 |
| \$19.8210 | \$0.8256 | -\$1.7029 | \$0.8778 | \$0.0005 |
| \$19.8710 | \$0.8256 | -\$1.7029 | \$0.8278 | -\$0.0495 |
| \$19.9210 | \$0.8256 | -\$1.6029 | \$0.7778 | \$0.0005 |
| \$19.9710 | \$0.7756 | -\$1.5029 | \$0.7278 | \$0.0005 |
| \$20.0210 | \$0.7256 | -\$1.4029 | \$0.6778 | \$0.0005 |
| \$20.0710 | \$0.6756 | -\$1.3029 | \$0.6278 | \$0.0005 |
| \$20.1210 | \$0.6256 | -\$1.2029 | \$0.5778 | \$0.0005 |
| \$20.1710 | \$0.5756 | -\$1.1029 | \$0.5278 | \$0.0005 |
| \$20.2210 | \$0.5256 | -\$1.0029 | \$0.4778 | \$0.0005 |
| \$20.2710 | \$0.4756 | -\$0.9029 | \$0.4278 | \$0.0005 |
| \$20.3210 | \$0.4256 | -\$0.8029 | \$0.3778 | \$0.0005 |
| \$20.4220 | \$0.3246 | -\$0.6009 | \$0.2768 | \$0.0005 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9.8 se observa en el último renglón de la última columna una ganancia de 0.0005 por dólar americano para la estrategia *Short Call Butterfly*, la cual se muestra en la figura 9.7.

Figura 9.7. Estrategia de volatilidad Short Call Butterfly



Fuente: Elaboración propia.

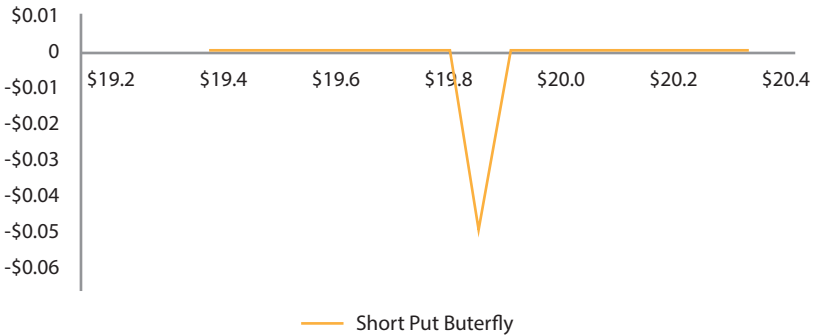
Cuadro 9.9. Estado de resultados de la estrategia de volatilidad no común Short Put Butterfly

| Subyacente | Short Put | 2 Puts | Short Put | Short Put Butterfly |
|------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|
| \$19.4210 | \$0.1575 | -\$0.3678 | \$0.2108 | \$0.0005 |
| \$19.4710 | \$0.2075 | -\$0.4678 | \$0.2608 | \$0.0005 |
| \$19.5210 | \$0.2575 | -\$0.5678 | \$0.3108 | \$0.0005 |
| \$19.5710 | \$0.3075 | -\$0.6678 | \$0.3608 | \$0.0005 |
| \$19.6210 | \$0.3575 | -\$0.7678 | \$0.4108 | \$0.0005 |
| \$19.6710 | \$0.4075 | -\$0.8678 | \$0.4608 | \$0.0005 |
| \$19.7210 | \$0.4575 | -\$0.9678 | \$0.5108 | \$0.0005 |
| \$19.7710 | \$0.5075 | -\$1.0678 | \$0.5608 | \$0.0005 |
| \$19.8210 | \$0.5575 | -\$1.1678 | \$0.6108 | \$0.0005 |
| \$19.8710 | \$0.6075 | -\$1.2678 | \$0.6108 | -\$0.0495 |
| \$19.9210 | \$0.6575 | -\$1.2678 | \$0.6108 | \$0.0005 |
| \$19.9710 | \$0.6575 | -\$1.2678 | \$0.6108 | \$0.0005 |
| \$20.0210 | \$0.6575 | -\$1.2678 | \$0.6108 | \$0.0005 |
| \$20.0710 | \$0.6575 | -\$1.2678 | \$0.6108 | \$0.0005 |
| \$20.1210 | \$0.6575 | -\$1.2678 | \$0.6108 | \$0.0005 |
| \$20.1710 | \$0.6575 | -\$1.2678 | \$0.6108 | \$0.0005 |
| \$20.2210 | \$0.6575 | -\$1.2678 | \$0.6108 | \$0.0005 |
| \$20.2710 | \$0.6575 | -\$1.2678 | \$0.6108 | \$0.0005 |
| \$20.3210 | \$0.6575 | -\$1.2678 | \$0.6108 | \$0.0005 |
| \$20.4220 | \$0.6575 | -\$1.2678 | \$0.6108 | \$0.0005 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9.9 se observa en el último renglón de la última columna una ganancia de 0.0005 por dólar americano para la estrategia *Short Put Butterfly*, la cual se muestra en la figura 9.8.

Figura 9.8. Estrategia de volatilidad Short Put Butterfly



Fuente: Elaboración propia.

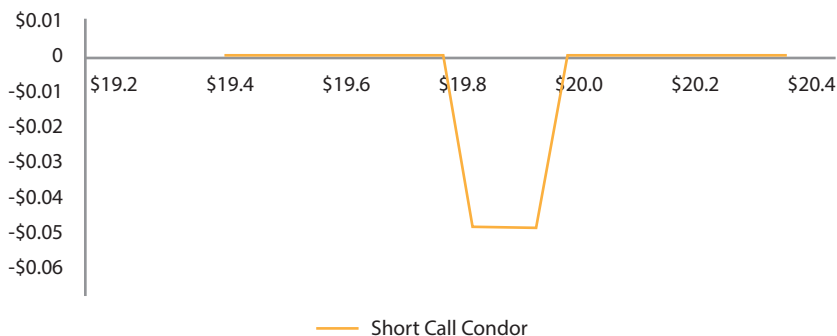
Cuadro 9.10. Estado de resultados de la estrategia de volatilidad no común Short Call Condor

| Subyacente | Short Call | Call | Call | Short Call | Short Call Condor |
|------------|------------|-----------|-----------|------------|-------------------|
| \$19.4210 | \$0.8003 | -\$0.8256 | -\$0.8778 | \$0.9047 | \$0.0016 |
| \$19.4710 | \$0.8003 | -\$0.8256 | -\$0.8778 | \$0.9047 | \$0.0016 |
| \$19.5210 | \$0.8003 | -\$0.8256 | -\$0.8778 | \$0.9047 | \$0.0016 |
| \$19.5710 | \$0.8003 | -\$0.8256 | -\$0.8778 | \$0.9047 | \$0.0016 |
| \$19.6210 | \$0.8003 | -\$0.8256 | -\$0.8778 | \$0.9047 | \$0.0016 |
| \$19.6710 | \$0.8003 | -\$0.8256 | -\$0.8778 | \$0.9047 | \$0.0016 |
| \$19.7210 | \$0.8003 | -\$0.8256 | -\$0.8778 | \$0.9047 | \$0.0016 |
| \$19.7710 | \$0.8003 | -\$0.8256 | -\$0.8778 | \$0.9047 | \$0.0016 |
| \$19.8210 | \$0.8003 | -\$0.8256 | -\$0.8778 | \$0.8547 | -\$0.0484 |
| \$19.8710 | \$0.8003 | -\$0.8256 | -\$0.8278 | \$0.8047 | -\$0.0484 |
| \$19.9210 | \$0.8003 | -\$0.8256 | -\$0.7778 | \$0.7547 | -\$0.0484 |
| \$19.9710 | \$0.8003 | -\$0.7756 | -\$0.7278 | \$0.7047 | \$0.0016 |
| \$20.0210 | \$0.7503 | -\$0.7256 | -\$0.6778 | \$0.6547 | \$0.0016 |
| \$20.0710 | \$0.7003 | -\$0.6756 | -\$0.6278 | \$0.6047 | \$0.0016 |
| \$20.1210 | \$0.6503 | -\$0.6256 | -\$0.5778 | \$0.5547 | \$0.0016 |
| \$20.1710 | \$0.6003 | -\$0.5756 | -\$0.5278 | \$0.5047 | \$0.0016 |
| \$20.2210 | \$0.5503 | -\$0.5256 | -\$0.4778 | \$0.4547 | \$0.0016 |
| \$20.2710 | \$0.5003 | -\$0.4756 | -\$0.4278 | \$0.4047 | \$0.0016 |
| \$20.3210 | \$0.4503 | -\$0.4256 | -\$0.3778 | \$0.3547 | \$0.0016 |
| \$20.4220 | \$0.3493 | -\$0.3246 | -\$0.2768 | \$0.2537 | \$0.0016 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9.10 se observa en el último renglón de la última columna una ganancia de 0.0016 por dólar americano para la estrategia *Short Call Condor*, la cual se muestra en la figura 9.9.

Figura 9.9. Estrategia de volatilidad Short Call Condor



Fuente: Elaboración propia.

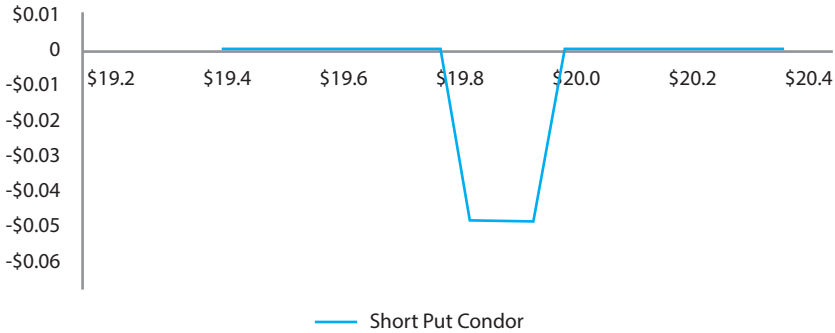
Cuadro 9.11. Estado de resultados de la estrategia de volatilidad no común Short Put Condor

| Subyacente | Short Put | Put | Put | Short Put | Short Put Condor |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| \$19.4210 | \$0.1316 | -\$0.1575 | -\$0.2108 | \$0.2383 | \$0.0016 |
| \$19.4710 | \$0.1816 | -\$0.2075 | -\$0.2608 | \$0.2883 | \$0.0016 |
| \$19.5210 | \$0.2316 | -\$0.2575 | -\$0.3108 | \$0.3383 | \$0.0016 |
| \$19.5710 | \$0.2816 | -\$0.3075 | -\$0.3608 | \$0.3883 | \$0.0016 |
| \$19.6210 | \$0.3316 | -\$0.3575 | -\$0.4108 | \$0.4383 | \$0.0016 |
| \$19.6710 | \$0.3816 | -\$0.4075 | -\$0.4608 | \$0.4883 | \$0.0016 |
| \$19.7210 | \$0.4316 | -\$0.4575 | -\$0.5108 | \$0.5383 | \$0.0016 |
| \$19.7710 | \$0.4816 | -\$0.5075 | -\$0.5608 | \$0.5883 | \$0.0016 |
| \$19.8210 | \$0.5316 | -\$0.5575 | -\$0.6108 | \$0.5883 | -\$0.0484 |
| \$19.8710 | \$0.5816 | -\$0.6075 | -\$0.6108 | \$0.5883 | -\$0.0484 |
| \$19.9210 | \$0.6316 | -\$0.6575 | -\$0.6108 | \$0.5883 | -\$0.0484 |
| \$19.9710 | \$0.6816 | -\$0.6575 | -\$0.6108 | \$0.5883 | \$0.0016 |
| \$20.0210 | \$0.6816 | -\$0.6575 | -\$0.6108 | \$0.5883 | \$0.0016 |
| \$20.0710 | \$0.6816 | -\$0.6575 | -\$0.6108 | \$0.5883 | \$0.0016 |
| \$20.1210 | \$0.6816 | -\$0.6575 | -\$0.6108 | \$0.5883 | \$0.0016 |
| \$20.1710 | \$0.6816 | -\$0.6575 | -\$0.6108 | \$0.5883 | \$0.0016 |
| \$20.2210 | \$0.6816 | -\$0.6575 | -\$0.6108 | \$0.5883 | \$0.0016 |
| \$20.2710 | \$0.6816 | -\$0.6575 | -\$0.6108 | \$0.5883 | \$0.0016 |
| \$20.3210 | \$0.6816 | -\$0.6575 | -\$0.6108 | \$0.5883 | \$0.0016 |
| \$20.4220 | \$0.6816 | -\$0.6575 | -\$0.6108 | \$0.5883 | \$0.0016 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9.11 se observa en el último renglón de la última columna una ganancia de 0.0016 por dólar americano para la estrategia *Short Put Condor*, la cual se muestra en la figura 9.10.

Figura 9.10. Estrategia de volatilidad Short Put Condor



Fuente: Elaboración propia.

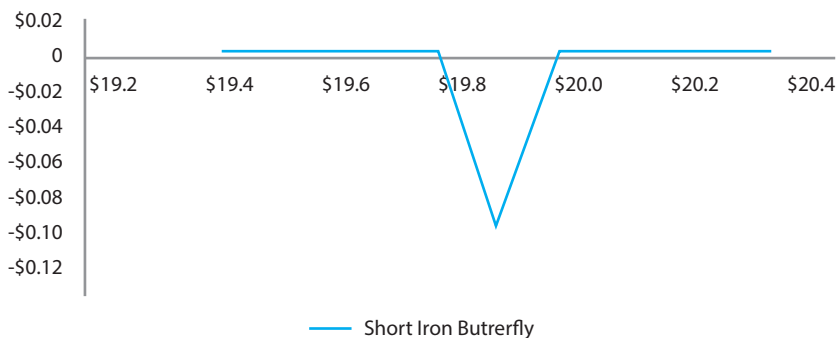
Cuadro 9.12. Estado de resultados de la estrategia de volatilidad no común Short Iron Butterfly

| Subyacente | Short Put | Put | Call | Short Call | Short Iron Butterfly |
|------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------------------|
| \$19.4210 | \$0.2383 | -\$0.1839 | -\$0.8515 | \$0.8003 | \$0.0032 |
| \$19.4710 | \$0.2883 | -\$0.2339 | -\$0.8515 | \$0.8003 | \$0.0032 |
| \$19.5210 | \$0.3383 | -\$0.2839 | -\$0.8515 | \$0.8003 | \$0.0032 |
| \$19.5710 | \$0.3883 | -\$0.3339 | -\$0.8515 | \$0.8003 | \$0.0032 |
| \$19.6210 | \$0.4383 | -\$0.3839 | -\$0.8515 | \$0.8003 | \$0.0032 |
| \$19.6710 | \$0.4883 | -\$0.4339 | -\$0.8515 | \$0.8003 | \$0.0032 |
| \$19.7210 | \$0.5383 | -\$0.4839 | -\$0.8515 | \$0.8003 | \$0.0032 |
| \$19.7710 | \$0.5883 | -\$0.5339 | -\$0.8515 | \$0.8003 | \$0.0032 |
| \$19.8210 | \$0.5883 | -\$0.5839 | -\$0.8515 | \$0.8003 | -\$0.0468 |
| \$19.8710 | \$0.5883 | -\$0.6339 | -\$0.8515 | \$0.8003 | -\$0.0968 |
| \$19.9210 | \$0.5883 | -\$0.6339 | -\$0.8015 | \$0.8003 | -\$0.0468 |
| \$19.9710 | \$0.5883 | -\$0.6339 | -\$0.7515 | \$0.8003 | \$0.0032 |
| \$20.0210 | \$0.5883 | -\$0.6339 | -\$0.7015 | \$0.7503 | \$0.0032 |
| \$20.0710 | \$0.5883 | -\$0.6339 | -\$0.6515 | \$0.7003 | \$0.0032 |
| \$20.1210 | \$0.5883 | -\$0.6339 | -\$0.6015 | \$0.6503 | \$0.0032 |
| \$20.1710 | \$0.5883 | -\$0.6339 | -\$0.5515 | \$0.6003 | \$0.0032 |
| \$20.2210 | \$0.5883 | -\$0.6339 | -\$0.5015 | \$0.5503 | \$0.0032 |
| \$20.2710 | \$0.5883 | -\$0.6339 | -\$0.4515 | \$0.5003 | \$0.0032 |
| \$20.3210 | \$0.5883 | -\$0.6339 | -\$0.4015 | \$0.4503 | \$0.0032 |
| \$20.4220 | \$0.5883 | -\$0.6339 | -\$0.3005 | \$0.3493 | \$0.0032 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9.12 se observa en el último renglón de la última columna una ganancia de 0.0032 por dólar americano para la estrategia *Short Iron Butterfly*, la cual se muestra en la figura 9.11.

Figura 9.11. Estrategia de volatilidad Short Iron Butterfly



Fuente: Elaboración propia.

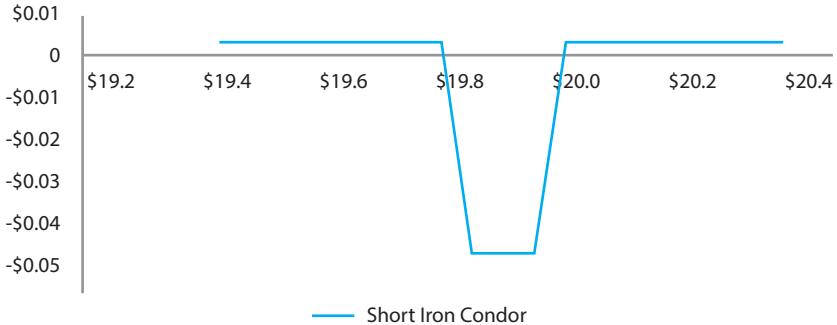
Cuadro 9.13. Estado de resultados de la estrategia de volatilidad no común Short Iron Condor

| Subyacente | Short Put | Put | Call | Short Call | Short Iron Condor |
|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------------|
| \$19.4210 | \$0.2383 | -\$0.1575 | -\$0.8778 | \$0.8003 | \$0.0033 |
| \$19.4710 | \$0.2883 | -\$0.2075 | -\$0.8778 | \$0.8003 | \$0.0033 |
| \$19.5210 | \$0.3383 | -\$0.2575 | -\$0.8778 | \$0.8003 | \$0.0033 |
| \$19.5710 | \$0.3883 | -\$0.3075 | -\$0.8778 | \$0.8003 | \$0.0033 |
| \$19.6210 | \$0.4383 | -\$0.3575 | -\$0.8778 | \$0.8003 | \$0.0033 |
| \$19.6710 | \$0.4883 | -\$0.4075 | -\$0.8778 | \$0.8003 | \$0.0033 |
| \$19.7210 | \$0.5383 | -\$0.4575 | -\$0.8778 | \$0.8003 | \$0.0033 |
| \$19.7710 | \$0.5883 | -\$0.5075 | -\$0.8778 | \$0.8003 | \$0.0033 |
| \$19.8210 | \$0.5883 | -\$0.5575 | -\$0.8778 | \$0.8003 | -\$0.0467 |
| \$19.8710 | \$0.5883 | -\$0.6075 | -\$0.8278 | \$0.8003 | -\$0.0467 |
| \$19.9210 | \$0.5883 | -\$0.6575 | -\$0.7778 | \$0.8003 | -\$0.0467 |
| \$19.9710 | \$0.5883 | -\$0.6575 | -\$0.7278 | \$0.8003 | \$0.0033 |
| \$20.0210 | \$0.5883 | -\$0.6575 | -\$0.6778 | \$0.7503 | \$0.0033 |
| \$20.0710 | \$0.5883 | -\$0.6575 | -\$0.6278 | \$0.7003 | \$0.0033 |
| \$20.1210 | \$0.5883 | -\$0.6575 | -\$0.5778 | \$0.6503 | \$0.0033 |
| \$20.1710 | \$0.5883 | -\$0.6575 | -\$0.5278 | \$0.6003 | \$0.0033 |
| \$20.2210 | \$0.5883 | -\$0.6575 | -\$0.4778 | \$0.5503 | \$0.0033 |
| \$20.2710 | \$0.5883 | -\$0.6575 | -\$0.4278 | \$0.5003 | \$0.0033 |
| \$20.3210 | \$0.5883 | -\$0.6575 | -\$0.3778 | \$0.4503 | \$0.0033 |
| \$20.4220 | \$0.5883 | -\$0.6575 | -\$0.2768 | \$0.3493 | \$0.0033 |

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9.13 se observa en el último renglón de la última columna una ganancia de 0.0033 por dólar americano para la estrategia *Short Iron Condor*, la cual se muestra en la figura 9.12.

Figura 9.12. Estrategia de volatilidad Short Iron Condor



Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

Esta investigación analizó 11 estrategias de volatilidad comunes y no comunes, la principal aportación es que empíricamente se ha demostrado que en el primer trimestre del segundo año de la crisis por Covid-19, es posible obtener ganancias a través de los contratos de opciones financieras sobre la divisa dólar americano mediante la construcción de estrategias de volatilidad no comunes, considerando portafolios de cuatro opciones financieras, ya sea del tipo *Short Butterfly* o *Short Condor*, independientemente de la alta volatilidad que tiene actualmente la divisa dólar americano. Por lo anterior se cumple el objetivo y la hipótesis de esta investigación.

La ventaja de la estrategia de volatilidad *Short Iron Condor* es que tiene una gama extremadamente amplia de ganancias, pues usualmente se está fuera de dinero al realizar el contrato de las opciones financieras. Sin embargo, la recompensa por el riesgo podría no ser la mejor, es decir, la prima que cobra del mercado puede no ser muy grande o muy buena en comparación con la cantidad de margen requerido. Otra ventaja del *Short Iron Condor* es que la probabilidad de obtener ganancias es más alta que la del *Short Iron Butterfly*, ya que esta tiene como principal desventaja un rango estrecho de ganancias, es decir, se limita el rango para el movimiento del activo subyacente.

Este trabajo tiene como limitaciones que no considera los costos de comisión en los contratos de las opciones financieras, por lo que para futuras investigaciones se pueden considerar.

Bibliografía

- Aquino, Á. H. (2009). Bolsa Mexicana de Valores. Veritas Colegio de Contadores Públicos de México.
- Black, F., y Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *The Journal of Political Economy*, 81(3), 637-654.
- Cohen, G. (2005). *The Bible of Options Strategies, the Definitive Guide for Practical Trading Strategies* (1a. ed.), Upper Saddle River, Nueva Jersey, Estados Unidos, Financial Times Prentice Hall.

- Cont, R. (2001). Empirical properties of asset returns: Stylized facts and statistical issues. *Quantitative Finance*, 1(1), 223-236.
- Cox, J. (1975). Notes on Option Pricing I: Constant Elasticity of Variance Diffusions. *Working Paper*, Stanford University.
- Christoffersen, P., Elkamhi, R., Feunou, B. y Jacobs, K. (2010). Option Valuation with Conditional Heteroskedasticity and Non-Normality, *Review of Financial Studies*, 23(5), 2139-2183.
- DOF, (2016). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [en línea]. Consultado el 6 de agosto de 2019 en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_090819.pdf.
- DOF, (2018). Ley de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores [en línea]. Consultado el 12 de agosto de 2019 en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/46_090318.pdf.
- DOF, (2019a). Ley del Mercado de Valores [en línea]. Consultado el 8 de agosto de 2019 en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LMV_090119.pdf.
- El-Khatib, Y., y Hatemi, J. A. (2020). Sensibilidades de precio de segundo orden para mercados en crisis, *Revista de la Universidad King Saud*. 32(1), 131-135.
- Fierros, V. (2012). *El mercado de derivados financieros y su impacto en el valor de las empresas en México*. El Colegio de la Frontera Norte, México.
- Hao, J., y Zhang, J. E. (2013). GARCH Option Pricing Models, the CBOE VIX, and Variance Risk Premium. *Journal of Financial Econometrics*, 11(3), 556-580.
- Lintner, J. (1966). The Valuation of risky Assets: The Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *Review of Economics and Statistics*, 13-17.
- Mandelbrot, B. (1963). The variation of certain speculative prices. *The Journal of Business*, 36(4), 394-419.
- Markowitz, H. M. (1952). Portfolio Selection. *Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
- McMillan, L. G. (2002). Options as a Strategic Investment (4a. ed.). *Prentice Hall*.
- Merton, R. C. (1973). Theory of Rational Option Pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4(1), 141-183.
- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a Capital Asset Market, *Econometrica*, 34(1), 768-783.
- Olivares, H. A., Ortiz, A. y Bucio, C. (2015). Escenarios Monte Carlo para estrategias con expectativas de baja volatilidad cambiante mediante opciones europeas de compra y venta. *Estocástica: Finanzas y Riesgo*, 5(1), 65-94.
- Olivares, H. A., Ortiz, A. y Bucio, C. (2016a). Estrategia Cuna mediante opciones europeas de compra y venta en escenarios Monte Carlo con expectativas de alta volatilidad, en *Modelado de Fenómenos Económicos y Financieros: Una Visión Contemporánea*, UDLAP/UNAM/IPN, vol. 1.
- Olivares, H. A., Ortiz, A. y López, F. (2016b). Generación de estrategias de cobertura con opciones europeas y simulación Monte Carlo con modelos GARCH-M en, *Administración de riesgos, vol. VI, Grupo de investigación de Mercados e Instituciones Financieras, y la Red para el Análisis de Riesgos Financieros*, UAM.

- Ortiz, A., Olivares, H. A., Agudelo, A. G., Franco, L. C. y Franco, L. E. (2016). Estrategia Mariposa mediante opciones europeas de compra y venta en escenarios Monte Carlo con volatilidad conducida por un modelo GARCH-M (1,1). *Espacios*, 37 (30).
- Sharpe, W. F. (1970). *Portfolio Theory and Capital Markets*, McGraw-Hill.
- Tobin, J. (1958). Liquidity Preference as Behavior Towards Risk. *Management Science*, 6(1), 65-86.
- Treynor, J. I. (1962). Toward a Theory of the Market Value of Risky Assets. Unpublished Manuscript. Finally published in 1989. *Asset Pricing and Portfolio Performance*, R. A. Valadez, B., y Ortiz, E. (2020). Chicago and Mexico Futures Markets Asymmetries and Hedging Performance. *Estocástica: Finanzas y Riesgo*, 10 (2), 221-251.
- Von Neumann, J., y O. Morgenstern (1944). *The Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press, Nueva Jersey.

Capítulo 10. Análisis de nuevos contagios y decesos por Covid-19 en México mediante pronósticos Prophet

ANA LORENA JIMÉNEZ PRECIADO*

JOSÉ CARLOS TREJO GARCÍA**

CÉSAR GURROLA RÍOS***

Resumen

En este documento se presenta una propuesta de pronóstico para los casos de nuevos contagios y decesos en México, ocasionados por el virus SARS-CoV-2. Se utiliza la metodología *Prophet* desarrollada por Taylor & Letham (2018), basada en un modelo aditivo para series de tiempo donde se ajustan tendencias no lineales. Los principales hallazgos muestran que los casos nuevos de contagios pueden ascender a los niveles registrados en julio de 2022 para el cierre de dicho año, mientras que para los nuevos decesos se observa un aumento para septiembre de 2022, pero en menor proporción a los picos previamente registrados.

Palabras clave: *Covid-19, Prophet, pronósticos*

Agradecimiento: El presente trabajo ha sido apoyado por los proyectos de investigación: “Ciencia de datos para el análisis económico”, clave SIP 20220920, y “Eficiencia en la asignación del Presupuesto en el Transporte Público de la Ciudad de México: El Caso del Metrobús”, clave SIP 20202294, de la Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional.

* Doctora en Ciencias Económicas. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación-Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9158-0685>

** Doctor en Ciencias Económicas. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación-Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0046-5310>

*** Doctor en Administración. Facultad de Economía, Contaduría y Administración, Universidad Juárez del Estado de Durango, Durango, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5806-4670>

1. Introducción

La precisión de los pronósticos, para cualquier tipo de fenómeno económico, es de vital importancia tanto para la toma de decisiones como para la previsión y prevención de los acontecimientos que afectan la trayectoria de las variables de interés por los analistas de distintas industrias y academia. Desde el surgimiento y afectaciones derivadas del virus SARS-CoV-2 (mismas que han sido citadas ampliamente en la literatura), la incorporación de esta variable se utiliza ya sea por sí sola o como complemento con otras para una mejor comprensión de la trayectoria futura que puede tener dicho virus.

En julio de 2022 se decretó la llegada de la denomina “quinta ola” del SARS-CoV-2, debido a la cual, ante las nuevas variantes del virus, se han registrado aumentos en contagios y decesos para México (y en general a nivel mundial). Los contagios por el virus pueden contener efectos de estación, con periodos de mayor auge y descenso del número de personas afectadas por el coronavirus. En ese sentido, las metodologías que pueden ofrecer una aproximación apropiada son las relacionadas con descomposición de variables, suavizamientos exponenciales o bien, los pronósticos ingenuos que de alguna forma u otra contienen los efectos de tendencia y estación (o efecto de calendario) de las series.

A pesar de que existen diversas metodologías de pronóstico para este tipo de efectos, todas con sus características particulares, en este trabajo se utiliza la metodología *Prophet* desarrollada por Taylor y Letham (2018), la cual emplea un modelo de descomposición aditivo considerando el efecto de tendencia, estación y días festivos. A diferencia de métodos similares, *Prophet* destaca en usar una función de crecimiento y un modelo lineal por partes para su ajuste en el componente de tendencia, en tanto que para el componente de estación, aplica series de Fourier (que es más común para estimar los efectos de estación en modelos de suavizamiento).

El presente trabajo tiene por objetivo presentar una propuesta de pronóstico para los casos de nuevos contagios y decesos en México, ocasionados por el Covid-19 con *Prophet*. Para reducir los problemas de sobreajuste del modelo, se realiza una validación cruzada con 80% de los datos y se

presenta el error porcentual observado en el pronóstico. Entre los principales hallazgos se muestra que los casos nuevos de contagios pueden ascender a los niveles registrados en julio de 2022 para el cierre de dicho año, mientras que para los nuevos decesos se observa un aumento para septiembre de 2022 pero en menor proporción a los picos registrados.

La relevancia de generar pronósticos certeros, o bien, con el menor margen de error posible, permea en la planificación y asignación de recursos por parte de los agentes económicos, en sus expectativas y toma de decisiones. En el área económica, no solo es el pronóstico de variables macroeconómicas sino también de aquellas variables que afectan al crecimiento y desarrollo del país, en ese sentido, se considera que pronosticar los contagios y decesos ocasionados por Covid-19 permite tener una mejor comprensión de cómo el coronavirus sigue afectando a los habitantes que residen en México.

El documento está estructurado de la siguiente forma: en el segundo apartado se habla acerca de la relevancia de realizar pronósticos certeros y los modelos que han predominado para proyectar las variables relacionadas con el Covid-19. En el tercer apartado se desarrolla la metodología *Prophet*, la forma en cómo se generan el componente de tendencia y estación para finalmente aplicarlo a las variables de estudio. Asimismo, se muestran los puntos de cambio de tendencia y validación de las especificaciones. Por último, se presentan las conclusiones, limitaciones y principales hallazgos de esta investigación.

2. Relevancia de los pronósticos

2.1. La relevancia de realizar pronósticos certeros

La generación de pronósticos es una tarea común para las áreas de análisis de distintas industrias. Actualmente, en el campo de la ciencia de datos es de alta relevancia puesto que permite tomar decisiones, planificar, establecer objetivos y detectar anomalías. Los métodos para pronosticar son variados en función del tipo de datos y la metodología *per se*, que es justamente donde recaen los principales desafíos, qué método utilizar, cómo validar los

resultados y cómo hacerlos escalables, es decir, que permita la comparación, medición y evaluación sobre los datos reales.

Entre las metodologías más tradicionales para pronóstico se encuentran los modelos Autorregresivos Integrados de Media Móvil (ARIMA) propuestos por Box y Jenkins (1970). Su popularidad y supuestos que conllevan siguen siendo ampliamente utilizados por los analistas. A partir del desarrollo de softwares estadísticos, programas como R-Studio y Python permite generar pronósticos ARIMA automáticos para seleccionar la mejor especificación a partir de una serie de iteraciones con distintos componentes autorregresivos (AR) y de Media Móvil (MA) bajo algún criterio de selección.

Sin embargo, una de las principales críticas hacia estos modelos es que los errores o residuales del modelo no logran capturar efectos de estacionalidad, o bien, un cambio en la tendencia cerca de un punto de inflexión, por lo tanto, tampoco pueden capturar la no linealidad de las series de tiempo. Aquí es donde los modelos de suavizamiento exponencial, conocidos como ETS (*error, trend, seasonal*) y propuestos por Hyndman *et al.* (2002) pueden ganar terreno.

El método ETS se centra en utilizar componentes de tendencia y estacionales y en modelos de espacio de estado. Los modelos ETS ofrecen un cálculo sencillo de verosimilitud, selección del modelo bajo criterios como el de Akaike (1974), cálculo de intervalos de predicción para cada método y una simulación y pronóstico basado en simulaciones *bootstrap* por percentiles.

A estas especificaciones se pueden sumar los métodos de pronósticos ingenuos (*naive forecasting models*) que utilizan caminatas aleatorias para hacer predicciones constantes con estacionalidad semanal, y la propuesta de los autores De Livera *et al.* (2011), que utilizan frecuencia semanal y anual mediante transformaciones de Box-Cox, representaciones de Fourier con coeficientes variables en el tiempo y corrección de errores ARMA. Si bien estos métodos, tanto los ETS como los pronósticos ingenuos, capturan la estacionalidad semanal de las variables, pasan por alto la estacionalidad a más largo plazo. En ese sentido, todos los métodos reaccionan de forma exagerada al fin de año, por lo que no modelan adecuadamente la estacionalidad anual (Taylor y Letham, 2018).

Cuando un pronóstico no es apropiado o tiene un alto margen de error, se procede a ajustar los parámetros del método para el problema en cuestión. Ajustar estos métodos requiere una comprensión profunda de cómo los modelos de series de tiempo subyacentes funcionan. Por ejemplo, en un modelo ARIMA automatizado se verifica desde la correcta diferenciación de la serie, el orden de los componentes AR y MA y en general la verificación de las condiciones de estacionariedad. De igual forma, en los modelos de suavizamiento exponencial (en cualquiera de sus especificaciones), el reto está en modificar los mismos parámetros de suavizamiento. De ahí que surjan los problemas de escala y, por lo tanto, tener pronósticos consistentes con la realidad.

2.2. Metodologías propuestas para modelar el Covid-19

En marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud declara el brote del virus SARS-CoV-2 como pandemia global. A partir de ello se puede encontrar en la literatura una vasta cantidad de investigaciones que tratan de dar un mejor entendimiento en distintas áreas del conocimiento. Dos años después de la pandemia, en 2022 se sigue luchando contra ella, contra sus nuevas variantes, sus estragos económicos y sociales que han permeado en las naciones. Parte de los análisis sobre el Covid-19 radica en las proyecciones o pronósticos, que ofrecen un panorama de hacia dónde se puede dirigir tanto el mismo virus como todos los fenómenos que ahora le acompañan.

Entre las metodologías más utilizadas para modelar el Covid-19 destaca el modelo Susceptible Infectado Recuperado (*Susceptible, Infected, Recovered*, SIR, por sus siglas en inglés), el cual se desarrolló en el área de la biología por los autores Kermack y McKendrick (1927) para la detección de epidemias. Algunos casos aplicados para México se pueden encontrar en Vivanco-Lira (2019), quienes emplean un modelo estocástico que caracteriza la distribución de probabilidad de casos en México por estados y el número estimado de casos del mismo país. A su vez destaca el trabajo de Ramírez y Jiménez (2021), en donde se estima el tamaño y la dinámica de la pandemia del coronavirus en economías avanzadas y economías emergentes como la mexicana.

Variaciones del modelo SIR aplicando otros métodos estadísticos también se encuentran en Daza-Torres *et al.* (2022), en donde se presenta un método de pronóstico y asimilación de datos secuenciales bayesianos para sistemas dinámicos no autónomos. El modelo de observación depende de las variables y parámetros de estado del sistema dinámico, y se proyecta como una función de probabilidad. Los modelos de crecimiento también han sido ampliamente usados para estimación de contagios de Covid-19 y variables derivadas del virus. Por ejemplo, en Castro *et al.* (2021) se propone un modelo probabilístico para pronosticar casos y muertes diarias de Covid-19 con ajuste de valores atípicos.

También se pueden mencionar algunos trabajos que aplican metodologías de aprendizaje de máquina (*machine learning*) y de aprendizaje profundo (*deep learning*) como el de Abbasimehr *et al.* (2021), en donde se emplean métodos convencionales de redes neuronales para determinar el número de casos confirmados en 10 países. A su vez, la combinación de métodos de aprendizaje automatizado con modelos tradicionales ARIMA y de crecimiento ha sido empleada para modelar la expansión de contagios en México y otros países, como es el análisis de Naemi *et al.* (2022), en donde se analizan los brotes de Covid-19 utilizando modelos híbridos. Asimismo, el análisis de Gómez-Cravioto *et al.* (2022) para predecir picos de contagios se basa en modelos de series de tiempo, específicamente en Vectores Autorregresivos (VAR) combinados con una especificación de red neuronal autorregresiva (*Long Short-Term Memory*, LSTM, por sus siglas en inglés), propuesto por Hochreiter y Schmidhuber (1997), mismos a que vez pertenecen a los modelos de aprendizaje profundo.

Sin embargo, considerando que las variables de Covid-19 pueden estar ligadas a efectos de estación, se propone en esta investigación el uso de *Prophet*. A reserva de que otras metodologías puedan presentar, en determinado momento, mayores ventajas o menores errores de pronóstico, la finalidad es probar y en su caso demostrar el potencial planteado por Taylor y Letham (2018).

3. Metodología *Prophet*

3.1. Modelo de pronóstico *Prophet*

La metodología *Prophet* propuesta por Taylor y Letham (2018) parte de dos premisas: 1) actualmente, dada la constante generación de datos e información, existe una cantidad significativa de analistas que realizan pronósticos para diferentes industrias y un gran número de personas haciendo pronósticos, probablemente sin capacitación en métodos de series de tiempo; y 2) existe una gran variedad de problemas de pronóstico con características idiosincrásicas, es decir, cada metodología tiene sus particularidades, y con ello, sus respectivas ventajas y desventajas.

El método de pronóstico de Taylor y Letham (2018) se basa en el trabajo de descomposición de variables de Harvey y Peters (1990), quienes estructuran las series de tiempo en tres partes: tendencia, estacionalidad y efectos de días festivos. Se define una serie de tiempo como:

$$\{X_t\}_{t \in T} \quad (1)$$

Donde X_t denota el valor de la variable aleatoria X en el momento t . Las variables son conjuntos de datos de series temporales que describen cómo cambian con el tiempo, siendo el tiempo (t) el índice principal del conjunto de datos. Utilizando la notación de Taylor y Letham (2018), el modelo de descomposición se desarrolla de la siguiente manera:

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + \varepsilon_t \quad (2)$$

Aquí $g(t)$ representa la tendencia general de la serie de tiempo, $s(t)$ es el componente de estacionalidad, es decir, representa los cambios periódicos o efectos de calendario y $h(t)$ representa los efectos de las vacaciones o días festivos. El término de error ε_t representa cualquier cambio idiosincrásico que no sea especificado en el modelo. En la ecuación 2 se asume una distribución normal sobre los errores.

La especificación *Prophet* es similar a la de un Modelo Aditivo Generalizado (GAM, por sus siglas en inglés), en donde se utilizan filtros o suavizamientos de series, tanto lineales como no lineales. Para el caso de *Prophet*, solo se utiliza como regresor el tiempo. Se modela el efecto de estación o estacionalidad como un componente aditivo, aunque también se puede adecuar a un efecto multiplicativo en función del comportamiento de la serie. La ventaja de los modelos aditivos recae en que se puede ajustar a nuevos componentes según se requiera, por ejemplo, cuando se identifica una nueva fuente de estacionalidad.

La metodología *Prophet* puede cambiar de forma interactiva los parámetros del modelo. El problema de pronóstico se ejecuta como un “ejercicio de curvas”, lo que lo hace diferente de los modelos de series de tiempo que explican explícitamente el tiempo como estructura de dependencia en los datos. A diferencia de los modelos paramétricos tradicionales como los ARIMA, los modelos de descomposición aditivos, y específicamente *Prophet*, ofrecen las siguientes ventajas:

- Flexibilidad: se puede ajustar fácilmente la estacionalidad con múltiples periodos.
- A diferencia de los modelos ARIMA, no es necesario interpolar los valores faltantes, o bien, eliminar valores atípicos.
- El ajuste es rápido, permitiendo explorar de forma interactiva distintas especificaciones del modelo en poco tiempo.

Adicional a las ventajas mencionadas, la diferencia entre *Prophet* y otros modelos de suavizamiento o descomposición radica en la especificación del cálculo del componente de tendencia y estación, los cuales se mencionan brevemente a continuación.

3.1.1. Modelo de tendencia

Prophet utiliza dos modelos de tendencia: modelo de crecimiento saturado y modelo lineal por partes. La primera especificación utiliza como componente central el crecimiento de la población y cómo se espera que siga

creciendo. Este tipo de crecimiento generalmente se modela utilizando el modelo de crecimiento logístico, siendo su forma básica:

$$g(t) = \frac{C}{1 + \exp(-k(t - m))} \quad (3)$$

Donde C es la capacidad de carga (en este caso, el número de personas contagiadas o número de decesos por Covid-19), k la tasa de crecimiento y m un parámetro de compensación. Dado que tanto C como k no son constantes, provocando cambios en $g(t)$, se asume que C está en función del tiempo $C(t)$. Asimismo, se incorporan puntos de cambio s_j en la tendencia. Se define un vector de ajustes de tasas de crecimiento $\delta \in R^s$, donde δ_j es el cambio en k que ocurre en el periodo s_j , de tal forma que la tasa de crecimiento en el periodo t es $k + a(t)^T \delta$. Donde k es la tasa ajustada; el ajuste correcto en el punto de cambio j se calcula como:

$$\gamma_j = \left(s_j - m - \sum_{l < j} \gamma_l \right) \left(s_j - \frac{k + \sum_{l < j} \delta_l}{k + \sum_{l \leq j} \delta_l} \right) \quad (4)$$

De esta manera, se puede plantear el modelo de crecimiento logístico por partes:

$$g(t) = \frac{C}{1 + \exp(-k + a(t)^T \delta (t - (m + a(t)^T \gamma)))} \quad (5)$$

Prophet también permite pronosticar problemas que no muestran un crecimiento de saturación, es decir, cuando no se conoce el parámetro C . En este caso se asume una tasa constante por partes, el cual se expresa de la siguiente forma:

$$g(t) = (k + a(t)^T \delta) + (m + a(t)^T \gamma) \quad (6)$$

Donde k sigue siendo la tasa de crecimiento, δ la tasa de ajuste, m el parámetro de compensación e γ_j es un conjunto de $-s_j \delta_j$ que permite hacer la función continua.

3.1.2. Modelo de estacionalidad y días festivos

La especificación del componente estacional se desarrolla a partir de series de Fourier, lo cual provee de mayor flexibilidad al modelo ante efectos de calendario. Siguiendo la notación de Taylor y Letham (2018), sea P el periodo regular que se espera tenga la serie de tiempo (para el caso de esta investigación, $P=365$ días puesto que los datos de contagios son diarios). Se puede aproximar y suavizar los efectos de estación como:

$$s(t) = \sum_{n=1}^N \left(a_n \cos \left(\frac{2\pi nt}{P} \right) + B_n \sin \left(\frac{2\pi nt}{P} \right) \right) \tag{7}$$

Donde la ecuación 7 representa una serie estándar de Fourier. El ajuste de estacionalidad requiere estimar los $2N$ parámetros $\beta = [a_1, b_1, \dots, a_N, b_N]^T$. Para ello se construye un vector de estacionalidad para cada valor en t en los datos históricos. Por ejemplo, si se asume estacionalidad anual y $N=10$ se tiene:

$$X(t) = \sum_{n=1}^N \left(\cos \left(\frac{2\pi(1)t}{365} \right), \dots, \sin \left(\frac{2\pi(10)t}{365} \right) \right) \tag{8}$$

El orden de Fourier (N) determina qué tan rápido puede cambiar la estacionalidad; el orden predeterminado para la estacionalidad anual es 10 de acuerdo con la metodología *Prophet*, aunque el abuso de N puede provocar problemas de sobreajuste. El aumento en el orden de Fourier permite que la estacionalidad se ajuste a ciclos que cambian más rápido. Para evitar los problemas de sobreajuste y elegir el mejor orden de Fourier se sugiere el uso de algún criterio de información. De esta manera, el componente estacional es:

$$s(t) = X(t)\beta, \quad \beta \sim N(0, \sigma^2) \tag{9}$$

Por último, *Prophet* considera los efectos de días festivos o vacaciones, los cuales tienen efectos importantes para los agentes económicos. Por ejemplo, en el caso de la propagación del Covid-19, días festivos como Navidad, Día de la Madre, Año Nuevo (por mencionar algunos), provoca una mayor movilización y aglomeración de las personas en distintos espacios, desembocando por lo general en un repunte de los contagios.

Prophet permite incorporar una lista de días festivos en el modelo, en donde se asume que los efectos de las vacaciones son independientes. Para cada día feriado i , sea D_i el conjunto de fechas pasadas y futuras del día feriado, h una función de indicador que representa si el tiempo t es durante el feriado i , se tiene:

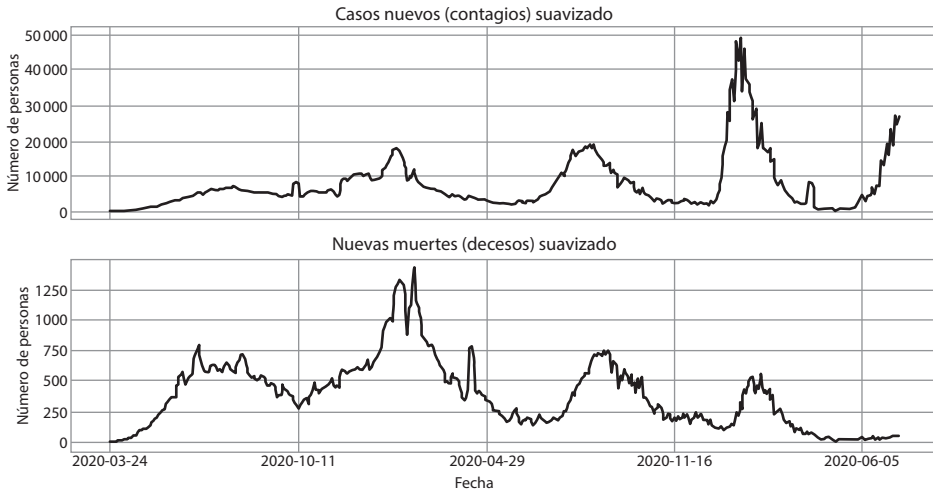
$$\begin{aligned} Z(t) &= [1(t \in D_1), \dots, 1(t \in D_L)] \\ h(t) &= Z(t)\kappa, \quad \kappa \sim N(0, \sigma^2) \end{aligned} \quad (10)$$

Donde κ_i es cada día festivo asignado; $Z(t)$ es la matriz de regresores de los días festivos.

3.2. Fuentes de datos y variables

En esta investigación se implementa la metodología *Prophet* para estimar los nuevos contagios y decesos para el cierre de 2022 en México, así como el ajuste y potencia que alcanza dicho método. Se toman los datos públicos del portal Our World in Data desarrollado por la Universidad de Oxford, los cuales contienen distinta información referente a la evolución del Covid-19 en México. Debido a que algunos días presentan datos nulos, o bien, en algunas fechas no se tienen los registros completos, se utiliza la serie suavizada semanal tanto de nuevos contagios como de nuevo decesos. Se depuran ambas series para finalmente obtener dos variables temporales diarias en el periodo 2020-03-24 al 2022-07-13 (839 observaciones en total). El comportamiento se aprecia en la figura 10.1:

Figura 10.1. *Evolución de los nuevos contagios y decesos en México (marzo de 2020 a julio de 2022)*



Fuente: Elaboración propia con datos de Our World in Data.

La figura 10.1 permite observar la evolución de los nuevos contagios y decesos en México en el periodo de referencia, el cual contiene varias olas de contagio conforme las nuevas variantes del coronavirus fueron apareciendo y esparciéndose en México (y el mundo). En el primer trimestre de 2022 se aprecia el mayor aumento de casos nuevos de contagio, rondando en los 50 000 durante una semana y repuntando nuevamente en el mes de junio por debajo de los 30 000. Para el caso de nuevos decesos, el punto más alto se alcanzó en el primer trimestre de 2020, cuando la cifra ascendió a más de 1 200 casos en una semana.

Cabe señalar que, si bien se ha registrado un aumento en los nuevos casos, la letalidad del virus ha disminuido en cuanto al registro de nuevas muertes. Esto se atribuye en gran medida al procesos y cobertura de vacunación en México, que si bien no exenta a todos los habitantes de los estragos mortales de las nuevas variantes que se puedan registrar con el Covid-19, protege a los mexicanos. El cuadro 10.1 presenta la estadística descriptiva de los nuevos casos y decesos en México.

Cuadro 10.1. *Estadística descriptiva*

| <i>Estadístico</i> | <i>Nuevos contagios</i> | <i>Nuevos decesos</i> |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Núm. de observaciones | 839 | 839 |
| Media | 7441 | 380 |
| Desviación estándar | 7419 | 280 |
| Mínimo | 45 | 1 |
| Máximo | 49322 | 1428 |

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 10.1 revela la forma en cómo se han comportado los datos desde 2020 hasta la mitad de 2022. El mayor número de nuevos casos registrados en un día es de 49 322 y el de muertes es de 1 428, en tanto que el menor número que ha registrado México en nuevos contagios es de 45 y en los decesos de 1. La siguiente sección implementa el modelo *Prophet* para las variables utilizadas.

3.3. Pronóstico y validación del modelo

3.3.1 Pronóstico

Al evaluar cualquier procedimiento de pronóstico, es importante compararlo con una serie de pruebas de error para verificar su precisión. Asimismo, *Prophet* utiliza pronósticos más simples en el sentido de que no tiene supuestos restrictivos (como los modelos ARIMA), y va ajustando los componentes de tendencia y estación conforme las ecuaciones desarrolladas en la subsección 3.1.1 y 3.1.2. Los pronósticos se hacen sobre un horizonte; en este caso, se estiman los días faltantes para el cierre del año 2022 ($H = 172$ días). El pronóstico está dado por la ecuación 11.

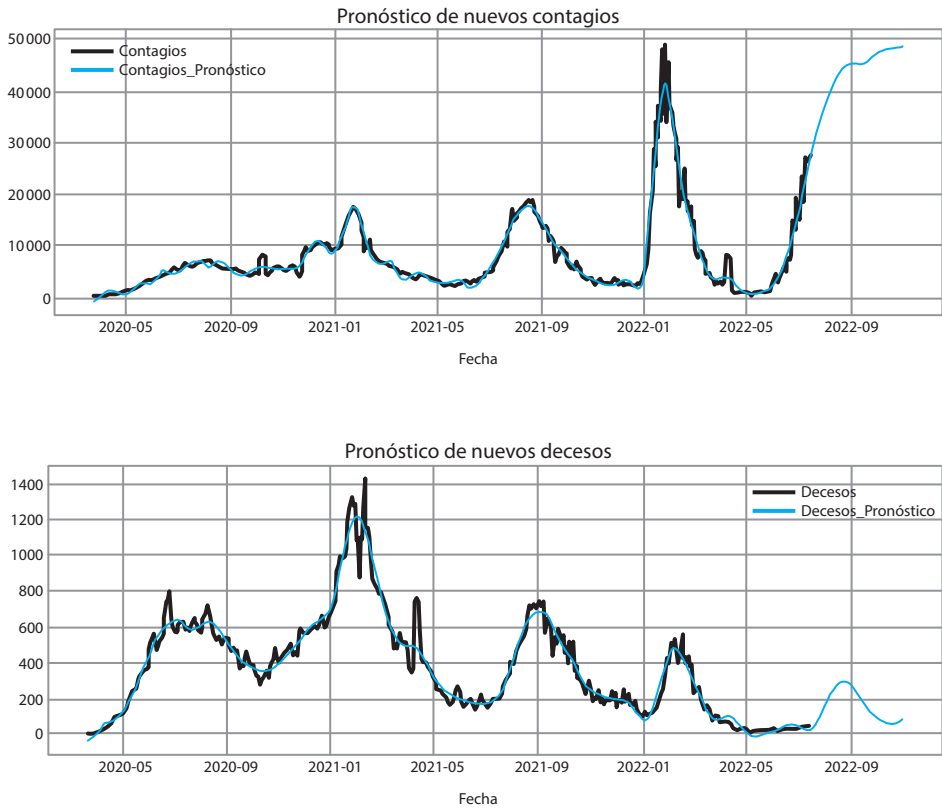
$$\Phi(T, h) = d(\hat{y}(T + h | T), y(T + h)) \quad (11)$$

Donde $\hat{y}(t | T)$ representa el pronóstico en el tiempo t a partir de la información histórica T y $d(y, \hat{y})$ es una distancia tal que el Error Absoluto Medio (MAE) es $d(y, y') = |y - \hat{y}|$. El pronóstico para los nuevos casos y decesos se presentan en la figura 10.2. De acuerdo con los resultados, se esti-

maría que para los nuevos contagios se alcanzarán nuevamente cerca de los 50 000 casos en un solo día. Esto hace sentido puesto que la denominada quinta ola del Covid-19 registrada entre junio y julio de 2022 ha provocado un aumento acelerado en los contagios, aunado a las nuevas variantes que va registrando el coronavirus.

Para el caso de los nuevos decesos, a pesar de que se proyecta un aumento en los contagios y con la posibilidad de llegar nuevamente a su punto máximo registrado en febrero de 2022, los resultados indican que los nuevos casos de fallecimiento seguirían bajos, presentando un repunte cercano a los 300 casos por día para septiembre de 2022 y finalmente la curva volvería a descender por debajo de los 50 decesos diarios.

Figura 10.2. Pronóstico de nuevos contagios y decesos

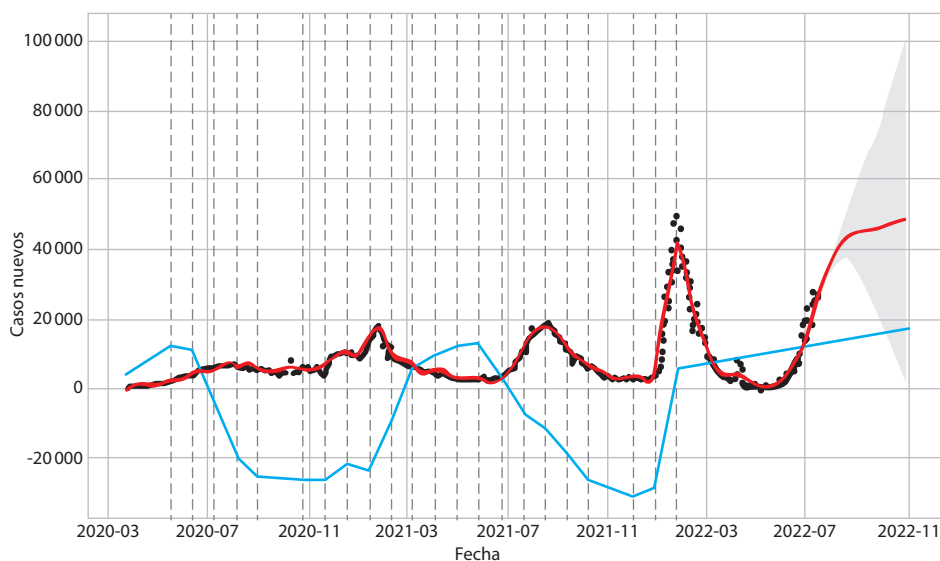


Fuente: Elaboración propia con salida de Python.

3.3.2. Puntos de cambio

Prophet detecta los puntos de cambio (s_j) especificando una gran cantidad de puntos de inflexión potenciales en los que se permite cambiar la velocidad. *Prophet* contiene múltiples puntos en el tiempo, donde la tasa puede cambiar, pero usa la menor cantidad posible. De forma predeterminada, los puntos de cambio solo se infieren para el primer 80% de la muestra, esto con la finalidad de tener suficiente margen para proyectar la tendencia hacia el futuro y evitar sobreajustes al final de la serie de tiempo. La figura 10.3 muestra los puntos de cambio para los nuevos contagios.

Figura 10.3. Puntos de cambio de nuevos contagios



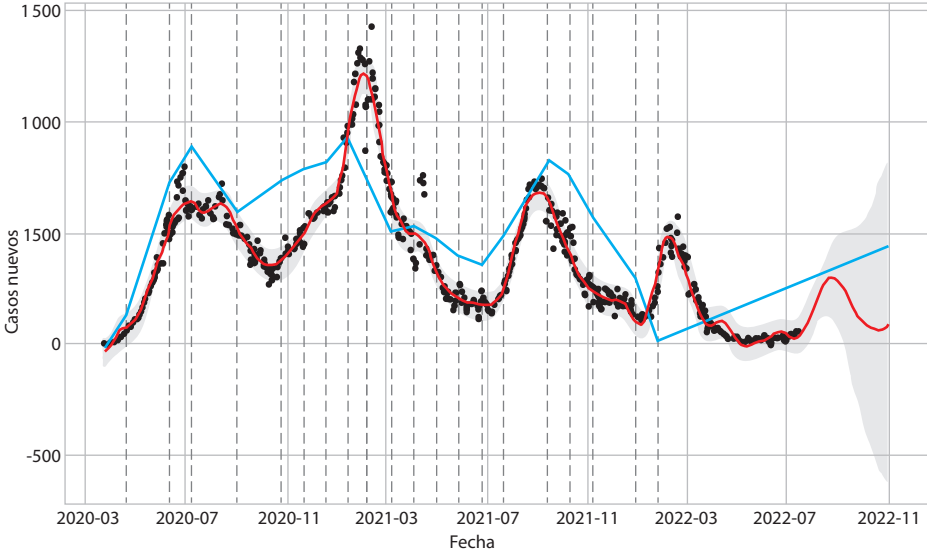
Fuente: Elaboración propia con salida de Python.

La figura 10.3 muestra con líneas punteadas las fechas en donde se dio un cambio de tendencia en los nuevos contagios. Considerando que solo se toma 80% de los datos para este análisis, a partir de febrero-marzo de 2022 se proyecta la tendencia general (línea gris) que seguirían los nuevos casos, que en este caso es alcista. Los puntos negros son los datos reales y

la línea superpuesta en dichos puntos negros es la estimación que anteriormente se había presentado en la figura 10.2, es decir, el pronóstico. Adicionalmente se añaden bandas de confianza a la estimación, que conforme se aleja más el pronóstico, más amplias son las bandas o el margen de error.

En lo que respecta a los puntos de cambio de los nuevos decesos, en la figura 10.4 se muestran las fechas más relevantes que significaron un cambio de tendencia para esta serie. Al igual que los nuevos contagios, se toma 80% de la información para hacer la validación y evitar los problemas de sobreajuste. Si bien la trayectoria de la tendencia (línea gris) muestra un comportamiento al alza, es importante destacar que el aumento de decesos no es mayor que ninguno de los otros “picos” anteriormente registrados.

Figura 10.4. Puntos de cambio de nuevos decesos



Fuente: Elaboración propia con salida de Python.

El cuadro 10.2 muestra con precisión las fechas en las que se dieron los cambios de tendencia respecto a los nuevos contagios y decesos en México.

Cuadro 10.2. *Puntos de cambio de tendencia para nuevos contagios y decesos (fechas)*

| No | Fecha | No | Fecha | No | Fecha |
|----|------------|----|------------|----|------------|
| 1 | 20/04/2020 | 9 | 21/11/2020 | 17 | 25/06/2021 |
| 2 | 17/05/2020 | 10 | 18/12/2020 | 18 | 21/07/2021 |
| 3 | 12/06/2020 | 11 | 14/01/2021 | 19 | 17/08/2021 |
| 4 | 09/07/2020 | 12 | 10/02/2021 | 20 | 13/09/2021 |
| 5 | 05/08/2020 | 13 | 08/03/2021 | 21 | 10/10/2021 |
| 6 | 01/09/2020 | 14 | 04/04/2021 | 22 | 06/11/2021 |
| 7 | 28/09/2020 | 15 | 01/05/2021 | 23 | 02/12/2021 |
| 8 | 25/10/2020 | 16 | 28/05/2021 | 24 | 29/12/2021 |

Fuente: Elaboración propia con salida de Python.

3.3.3 Validación cruzada

Prophet incluye la función de validación cruzada de series de tiempo para medir el error de pronóstico utilizando datos históricos. Esto se hace seleccionando puntos de corte en la serie y , para cada uno de ellos, ajustando el modelo usando datos solo hasta ese punto de corte. Posteriormente se comparan los valores pronosticados con los valores reales. Tal cual, como los puntos de cambio, se procede a utilizar 80% de la información para hacer la validación cruzada. En particular, Taylor y Letham (2018) sugieren el uso del Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE) por su fácil interpretación. El MAPE se define como:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{y_t} * 100 \right| \quad (12)$$

Donde e_t representa los errores no observables del modelo e y_t los valores reales de la serie. Esta prueba de error calcula la media aritmética porcentual del valor absoluto de los errores pronosticados, es decir, indica en términos porcentuales el margen de error. El cuadro 10.3 muestra el MAPE a partir de las especificaciones implementadas tanto para nuevos casos de contagios como para los nuevos decesos.

Cuadro 10.3. MAPE: validación cruzada

| Nuevos contagios | | Nuevos decesos | |
|------------------------|--------|------------------------|--------|
| Horizonte (pronóstico) | MAPE | Horizonte (pronóstico) | MAPE |
| 10 días | 3.85% | 10 días | 4.80% |
| 11 días | 4.03% | 11 días | 5.41% |
| 12 días | 4.07% | 12 días | 6.63% |
| ... | ... | ... | ... |
| 98 días | 14.69% | 98 días | 26.31% |
| 99 días | 14.78% | 99 días | 26.49% |
| 100 días | 14.87% | 100 días | 26.68% |

Fuente: Elaboración propia con salida de Python.

El cuadro 10.3 muestra el MAPE o error de pronóstico en términos porcentuales. Para los primeros 10 días, el MAPE oscila entre 3 y 4% en tanto que para los últimos días proyectados se puede apreciar cómo el margen de error aumenta. Para el pronóstico de los nuevos fallecimientos, el MAPE se encuentra entre 4 y 6% para los primeros 10 días, en tanto que el error aumenta más en comparación con los nuevos contagios para el último periodo de estimación, rondando entre 24 y 26 por ciento.

El aumento del porcentaje de error conforme se alejan los periodos es normal en todos los pronósticos, puesto que conforme los horizontes se vuelven más amplios, mayor es la incertidumbre y la serie de sucesos que se pueden ir presentando. Por supuesto, los modelos *Prophet* se pueden ir ajustando y alimentando de nueva información como cualquier otra metodología para pronosticar.

4. Conclusiones

El objetivo de este trabajo fue presentar una propuesta de pronóstico para los casos de nuevos contagios y decesos en México, ocasionados por el virus SARS-CoV-2, utilizando la metodología *Prophet* desarrollada por Taylor y Letham (2018). Este método se basa en modelos aditivos para series de tiempo donde se ajustan tendencias no lineales. A diferencia de especificaciones similares como descomposición de variables, ETS o pronósticos in-

genuos, *Prophet* propone una función de crecimiento y lineal por partes para la estimación del componente tendencial y series de Fourier para la estimación del componente estacional, que es más común en los modelos de descomposición.

Además de la estimación del modelo, se muestran las fechas de puntos de cambio de tendencia, así como la tendencia para el cierre de 2022. Asimismo, se hace una validación cruzada utilizando 80% de la información y se verifica la precisión del pronóstico con la prueba de error MAPE. Entre los principales hallazgos se destacan dos en particular.

En primera instancia, la estimación para los nuevos contagios sugiere un alza para cierre de año que puede rondar en los 50 000 casos, tal como el dato registrado en julio de 2022. Si bien es cierto que una parte importante de la población adulta está vacunada a mediados de 2022, las nuevas variantes del virus aunado a la dinámica misma de la actividad económica, regreso presencial a clases y movilidad social han desembocado en un repunte, mismo que puede volver a replicarse en una magnitud similar.

En segundo lugar, el pronóstico de nuevos decesos indica que si bien se espera un aumento en el número de fallecimientos para septiembre de 2022 (entre 300-350 diarios), la cantidad es menor en proporción a los picos registrados. Esto demuestra que, a pesar de que se registra un alza en los contagios, así como su predicción, no va en la misma magnitud que los nuevos decesos.

De esta manera se demuestra la eficiencia de *Prophet* para estimación de series temporales, que si bien no es riguroso en sus supuestos, sí lo es en su construcción para estimación de componentes aditivos. Esta metodología puede ser ampliamente utilizada para variables que se caracterizan por su no linealidad, o bien, por ser afectados fuertemente por efectos de calendario o días festivos. Por consiguiente, la agenda para nuevas investigaciones utilizando *Prophet* es vasta.

Las limitaciones radican en calibrar el modelo, ya que los ajustes sobre la serie de Fourier para la estacionalidad o los parámetros elegidos para suavizar la tendencia puede llevar a un problema de sobreajuste. Sin embargo, como lo sugieren Taylor y Letham (2018), se pueden utilizar desde criterios de información para selección de parámetros y MAPE para elegir el pronóstico con menor error de predicción.

Bibliografía

- Abbasimehr, H., Paki, R., y Bahrini, A. (2021). Improving the performance of deep learning models using statistical features: The case study of COVID-19 forecasting. *Mathematical Methods in the Applied Sciences*. doi:10.1002/mma.7500.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716-723.
- Box, G. E., y Jenkins, G. M. (1970). *Time Series Analysis Forecasting*. San Francisco: Holden-Day.
- Castro, L., Fairchild, G., Michaud, I., y Osthus, D. (2021). COFFEE: COVID-19 Forecasts using Fast Evaluations. doi:10.48550/ARXIV.2110.01546.
- Daza-Torres, M., Capistrán, M., Capella, A., y Christen, A. (2022). Bayesian sequential data assimilation for COVID-19 forecasting. *Epidemics*, 39. doi:10.1016/j.epidem.2022.100564
- De Livera, A., Hyndman, R., y Snyder, R. (2011). Forecasting Time Series With Complex Seasonal Patterns Using Exponential Smoothing. *Journal of the American Statistical Association*, 106(496), 1513-1527. doi:10.1198/jasa.2011.tm09771.
- Gómez-Cravioto, D., Díaz-Ramos, R., Cantu-Ortiz, F., y Ceballos, H. (2022). Data Analysis and Forecasting of the COVID-19 Spread: A Comparison of Recurrent Neural Networks and Time Series Models. *Cognitive Computation*. doi:10.1007/s12559-021-09885-y.
- Harvey, A., y Peters, S. (1990). Estimation procedures for structural time series models. *Journal of Forecasting*, 9, 89-108.
- Hochreiter, S., y Schmidhuber (1997). Long Short-Term Memory. *Neural Comput*, 9(8), 1735-1780. doi:10.1162/neco.1997.9.8.1735.
- Hyndman, R., Koehler, A., Snyder, R., y Grose, S. (2002). A state space framework for automatic forecasting using exponential smoothing methods. *International Journal of Forecasting*, 18(3), 439-454. doi:10.1016/S0169-2070(01)00110-8.
- Kermack, W., y A. McKendrick (1927). A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proceeding of the Royal Society*, 115(772), 700-721. doi:10.1098/rspa.1927.0118.
- Naemi, A., Naemi, M., Zarrabi, R., Schmidt, T., Ebrahimi, A., Mansourvar, M., y Kock, U. (2022). Forecasting the COVID-19 Spread in Iran, Italy, and Mexico Using Novel Nonlinear Autoregressive Neural Network and ARIMA-Based Hybrid Models, en R. Howlett, L. Jain, J. Littlewood, y M. Balas, *Smart and Sustainable Technology for Resilient Cities and Communities*, 119-135. Springer. doi:10.1007/978-981-16-9101-0_9.
- Ramírez, A., y Jiménez, A. (2021). COVID-19 and Economics Forecasting on Advanced and. *Econoquantum*, 18(1), 21-43. doi:10.18381/eq.v18i1.7222.
- Taylor, S., y Letham, B. (2018). Forecasting at Scale. *The American Statistician*, 72(1), 37-45. doi:10.1080/00031305.2017.1380080.
- Vivanco-Lira, A. (2019). Predicting COVID-19 distribution in Mexico through a discrete and time-dependent Markov chain and an SIR-like model. *Populations and Evolution*. doi:10.48550/ARXIV.2003.06758.

*Estudio sobre el desarrollo económico en
México: un enfoque multifactorial*, Ramón
Valencia Romero, Horacio Sánchez Bárcenas y Miguel
Ángel Martínez García (coords.) Publicado por Ediciones
Comunicación Científica, S. A. de C. V., se terminó de imprimir en
diciembre de 2022, en Litográfica Ingramex S.A. de C.V., Centeno 162-1,
Granjas Esmeralda, 09810, Ciudad de México, México. El tiraje fue de 500
ejemplares impresos y en versión digital en los formatos PDF, Epub y HTML.

Recientemente dos eventos exógenos han provocado desequilibrios económicos y sociales en la mayoría de los países, la crisis sanitaria del COVID-19 en 2020 y el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania en 2022. La principal manifestación de estos eventos ha sido a través de la inflación. En México el crecimiento constante en los precios no se observaba desde la década de los noventa. Sin duda esta situación provocará un endurecimiento de la política monetaria, lo que impactará negativamente en el crecimiento económico. Sin embargo, no basta solamente con alcanzar altas tasas de crecimiento económico, adicionalmente es necesario fortalecer el sistema educativo y de salud, así como distribuir de manera equitativa la riqueza generada. Sin omitir el fomento a la inversión pública y privada, posibilitando así el aumento en los niveles de empleo. Todo ello encaminado a disminuir la desigualdad social y el impulso al desarrollo económico.

Bajo este contexto la presente obra contiene un enfoque multifactorial, expone un trabajo con una visión plural, con el fin de enriquecer las aportaciones hacia un mismo objetivo, presentar los factores que han impulsado o inhibido el desarrollo económico en México. La obra se divide en 10 capítulos, los cuales han sido agrupados en cinco secciones, en función de la similitud de factores. De esta manera se tienen factores de crecimiento, entorno macroeconómico, mercado laboral, normatividad y COVID-19.



Ramón Valencia Romero es Doctor en Economía por el Instituto Politécnico Nacional (IPN). Profesor en la Escuela Superior de Economía (ESE) y de la Escuela Superior de Comercio y Administración (ESCA, unidad Santo Tomas) del IPN. Actualmente es Jefe del Departamento de Investigación de la ESE, donde realiza investigaciones sobre modelos econométricos no lineales.



Horacio Sánchez Bárcenas es Doctor en Economía por el Instituto Politécnico Nacional (IPN). Actualmente es Profesor investigador de tiempo completo de la Escuela Superior de Economía del IPN. Sus líneas de investigación son economía laboral, deuda pública y economía monetaria. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores del Conacyt.



Miguel Ángel Martínez García es Doctor en Economía por el Instituto Politécnico Nacional (IPN). Actualmente es Profesor e Investigador de tiempo completo de la SEPI-ESE. Sus líneas de investigación son remesas, energía, ahorro y estrategias conductuales. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, del Conacyt, nivel I.

