

Matemáticas aplicadas a la economía

Aplicaciones del análisis dinámico y la estadística

José Manuel Márquez Estrada
Armando Sánchez Vargas
Isalia Nava Bolaños
(Coordinadores)



MATEMÁTICAS APLICADAS A LA ECONOMÍA
APLICACIONES DEL ANÁLISIS DINÁMICO Y LA ESTADÍSTICA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

Rector

Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda

Secretaria General

Mtro. Tomás Humberto Rubio Pérez

Secretario Administrativo

Dr. Miguel Armando López Leyva

Coordinador de Humanidades



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS

Dr. Armando Sánchez Vargas

Director

Dr. José Manuel Márquez Estrada

Secretario Académico

Ing. Patricia Llanas Oliva

Secretaria Técnica

Mtra. Graciela Reynoso Rivas

Jefa del Departamento de Ediciones

MATEMÁTICAS APLICADAS A LA ECONOMÍA APLICACIONES DEL ANÁLISIS DINÁMICO Y LA ESTADÍSTICA

José Manuel Márquez Estrada
Armando Sánchez Vargas
Isalia Nava Bolaños
(Coordinadores)



Primera edición digital en pdf, marzo 2024

D.R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Ciudad Universitaria, Coyoacán,
04510, Ciudad de México.
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS
Circuito Mario de la Cueva s/n,
Ciudad de la Investigación en Humanidades,
04510, Ciudad de México.

ISBN: 978-607-30-8855-8

Diseño de portada: Laura Elena Mier Hughes.
Cuidado de la edición: Hélida De Sales Y.

Esta obra fue arbitrada por pares académicos en un proceso doble ciego, a cargo del Comité Editorial de Publicaciones No Periódicas del IIEc-UNAM.

Las opiniones expresadas en cada uno de los trabajos son de exclusiva responsabilidad de las autoras y de los autores.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Hecho en México.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
1. MODELO DE OPTIMIZACIÓN DINÁMICA PARA EXPANSIÓN DE REDES DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA: APLICACIÓN EN ONTARIO, CANADÁ <i>Juan António Tregear Maldonado</i>	13
2. DISEÑO DE UN INDICADOR ADELANTADO PARA EL ANÁLISIS DE LA ACUMULACIÓN DE CAPITAL EN MÉXICO, 2003-2018 <i>Nayeli Pérez Juárez</i>	43
3. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EFICIENTAR LA POLÍTICA PÚBLICA <i>José Arturo Cerón Vargas y Fernando Muñoz Alonso</i>	71
4. UN MODELO PARA PREDECIR LA TASA DE DESEMPLEO EN EL CORTO PLAZO <i>Jorge Zaragoza Badillo</i>	105
5. DIVERSIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE VIDA EN LOS HOGARES RURALES DE MÉXICO. UNA APLICACIÓN CON EL MODELO POISSON GENERALIZADO <i>Uberto Salgado Nieto</i>	129
6. EL ANÁLISIS DE COHORTES SINTÉTICAS <i>Isalia Nava Bolaños</i>	159

7. FACTORES SOCIOECONÓMICOS ASOCIADOS AL RIESGO DE LA PEA POR PRIVACIÓN EN SALUD. ANÁLISIS DE TRANSICIÓN LATENTE, ANTES Y DURANTE LA COVID-19 EN MÉXICO <i>Yedith Betzabé Guillén Fernández</i>	183
8. ASIMETRÍA DE UBICACIÓN EN LA DEMANDA DE IMPORTACIONES: EVIDENCIA DE UN MODELO QARDL <i>Ramón Valencia Romero y Humberto Ríos Bolívar</i>	211

INTRODUCCIÓN

La formulación de las teorías económicas en términos matemáticos ha constituido una revolución en la concepción de esta disciplina y producido importantes avances en su comprensión y modelación. Por una parte, al incorporar herramientas matemáticas se introdujo la lógica y la rigurosidad del método científico en el estudio de la economía, lo que le transfirió a esta ciencia social conceptos y metodologías para su estudio, así como una importante capacidad de análisis. Además, a consecuencia de esto, se pudieron medir, comparar y contrastar las teorías y principios económicos con los datos reales de la economía.

Así, la teoría económica requirió, para su formalización, describir los espacios matemáticos desde los cuales establecería sus fundamentos y definiría las herramientas que utilizaría para su comprensión. Por lo que, a partir del empleo de los espacios vectoriales y euclidianos, el estudio de relaciones entre funciones (espacio de funciones) y las aplicaciones entre estos espacios (que verifican ciertas condiciones algebraicas y topológicas) se han podido modelar con éxito distintos problemas de la economía.

Entre las aplicaciones de este tipo a la economía, están los métodos de optimización estática y dinámica empleados tanto en la micro como en la macroeconomía, modelos de la dinámica económica (que usa ecuaciones diferenciales y en diferencias), así como de la teoría del control óptimo, cálculo de variaciones, solución de sistemas dinámicos y sus equilibrios, entre otras. Ejemplos de estas aplicaciones las tenemos en

los primeros cuatro capítulos del presente libro; en el primero se usa la modelación dinámica para describir la expansión de redes eléctricas; usando los conceptos de optimalidad, se proponen dos índices para medir la acumulación de capital y la vulnerabilidad en los capítulos segundo y tercero; y en el cuarto se construye un modelo dinámico (en ecuaciones diferenciales) para proponer una forma de pronosticar la tendencia de la tasa de desempleo.

Otro tipo de modelos usados recurrentemente por la economía son los estadísticos, los cuales facilitan la captura de regularidades del comportamiento de las variables económicas, con lo cual es factible inferir el mecanismo generador de información que da forma al comportamiento de los modelos económicos. Esta característica de los modelos estadísticos les posibilita estimar valores de los parámetros de modelos económicos y contrastar la teoría con los datos reales de la economía. Así, la introducción de este tipo de modelos se ha vuelto muy atractiva para la estilización de hechos en la economía.

El modelo estadístico se formalizó gracias a la teoría de la probabilidad, axiomatizada por Kolmogorov en 1933, la cual supone que es posible conocer los resultados de un experimento aleatorio y asignarles probabilidades de ocurrencia. Luego, con el concepto de variable aleatoria, podemos pasar del espacio abstracto de probabilidad al espacio real de posibilidad, lo que le proporciona herramientas del análisis funcional para modelar los problemas de la economía. Después, mediante funciones llamadas estadísticas, podemos vincular este modelo formal de probabilidad con los datos obtenidos de la observación de la realidad.

El teorema de Bayes ha dividido el uso y la concepción de la modelación estadística puesto que, por un lado, están los que utilizan esta área de la estadística (bayesiana), que supone un cierto mecanismo generador de información según el cual describen el comportamiento de los datos y formulan metodologías que les dejan estimar los parámetros del mismo.

Este tipo de técnicas son apropiadas para el ejercicio de simulación estadística.

Por otro lado, están los que hacen modelación sin suponer *a priori* el mecanismo de generación de información (no bayesianos), sino que lo intentan inferir. La econometría es uno de estos modelos, la cual se diseñó primeramente para datos experimentales que toman modelos lineales o linealizables. Estos modelos se han sofisticado, brindando distintas formas funcionales y de relaciones entre las variables, de las que surgen diversas formas funcionales para los modelos. Esto ha permitido a su vez impulsar nuevas herramientas de modelación, como la econometría regional o la teoría de cópulas, las cuales habilitan, por un lado, el análisis de los datos que incorporan el territorio, y por el otro, el construir modelos con distintos tipos de correlación entre las variables aleatorias del modelo.

Es importante destacar el hecho de que, a diferencia de las ciencias experimentales como la física, los datos económicos son observacionales; es decir, no podemos reproducirlos, sino que los observamos de la realidad económica. Así, debemos atender esta característica de los datos económicos para su correcta especificación. Autores como Spanos [2007] y Wooldridge [2012] proponen hacer uso de una econometría moderna que estime de mejor manera por completo los mecanismos generadores de información. Por otra parte, la economía, como disciplina, también ha contribuido a lograr avances en el estudio de las matemáticas, dado que, al enfocar esfuerzos por resolver problemas planteados desde esta ciencia social, se desarrollaron nuevas disciplinas como la econometría, la teoría de juegos y el análisis regional, las cuales siguen siendo el motor de importantes investigaciones científicas en esta disciplina.

En los primeros cuatro capítulos se formulan dos modelos estadísticos y dos econométricos para analizar la economía. Por un lado, en el sexto capítulo se describe y aplica el modelo de

pseudopanel aplicado en cohortes, para el análisis del ahorro a lo largo del ciclo de vida, y en el octavo se emplea el modelo por cuantiles autorregresivo de rezagos distribuidos (QARDL) para estimar las elasticidades precio e ingreso de la demanda de importaciones de la economía mexicana, el cual hace posible capturar las asimetrías en estas variables. Por otro lado, se presentan dos ejemplos novedosos de la aplicación de la econometría al estudio de problemas importantes de la economía, como el análisis de los determinantes que explican la diversificación productiva en los hogares rurales de México, con un modelo de Poisson generalizado con el enfoque de medios de vida en el quinto capítulo, y el acceso a la salud en el contexto de la pandemia por covid-19, con un análisis de transición latente en el capítulo séptimo.

El libro cuenta con la colaboración de especialistas de diversas instituciones como la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Autónoma Metropolitana y el Instituto Federal de Telecomunicaciones, por lo que se enriquece con las diferentes visiones y perspectivas de los autores.

REFERENCIAS

- Spanos, A. [2008], “Statistics and economics”, *The New Palgrave Dictionary of Economics*, segunda edición, SN Durlauf and LE Blume, Palgrave Macmillan, Londres.
- Wooldridge, J. M. [2002], *Econometric analysis of cross section and panel data*, The MIT Press, Cambridge, Londres.

1. MODELO DE OPTIMIZACIÓN DINÁMICA PARA EXPANSIÓN DE REDES DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA: APLICACIÓN EN ONTARIO, CANADÁ

Juan Ant3nio Tregear Maldonado

INTRODUCCIÓN

La relaci3n entre la matemática y la economía es antigua; se remonta a los trabajos de León Walras,¹ quien se preocupó por formular sus descubrimientos mediante las herramientas y proposiciones matemáticas. El objetivo de la relaci3n entre estas dos materias es crear modelos matemáticos que expliquen fenómenos económicos. En las universidades y centros de estudio alrededor del mundo, se suelen diseñar cursos de economía matemática, matemática para economistas, o algún otro nombre que relacione ambas materias. En dichos cursos, se estudian distintos tipos de análisis económico como la estática comparativa, los equilibrios estáticos y dinámicos en términos continuos y discretos, conceptos de estabilidad y convergencia, etc.; lo anterior utilizando un conjunto de herramientas matemáticas entre las que se encuentran los conceptos de diferenciabilidad, ecuaciones diferenciales, ecuaciones en diferencia, teoría de control óptimo y programación dinámica.

En ese sentido, este artículo presenta un modelo de optimización dinámica para la aplicaci3n de un mecanismo que provee incentivos a la inversi3n en expansi3n de redes en un

¹ León Walras fue un economista francés que vivi3 entre 1831 y 1910. Destac3 por el estudio de la teoría económica mediante las matemáticas.

sistema eléctrico. El objetivo particular es mostrar las bondades de la herramienta cuantitativa y cómo esta nos ayuda a explicar y resolver un fenómeno económico. El trabajo recupera parte de la investigación realizada en la tesis doctoral del autor [Tregear, 2011], en la cual se propone un diseño de política para la expansión óptima de redes de transmisión eléctrica aplicado a la provincia de Ontario, en Canadá, basado en los conceptos y modelos de los trabajos de Hogan, Rosellón y Vogelsang [2010].

El modelo de optimización dinámica en cuestión combina el enfoque de mercado con el regulatorio en un ambiente donde los oferentes (generadores de energía) y demandantes (usuarios del servicio eléctrico) no tienen incidencia en la determinación de los precios de mercado. Matemáticamente, las herramientas de mercado-regulación y las ecuaciones de balance de energía se combinan en un problema de optimización de dos niveles (nivel alto y nivel bajo) para resolver el problema de congestión de redes eléctricas y que, a su vez, incentive la expansión de redes, alcance precios óptimos de segundo mejor e impulse el bienestar social.

Previo a la resolución de los niveles alto y bajo que considera esta herramienta matemática, es preciso mencionar que se resuelve el orden de despacho eléctrico con otro modelo de optimización dinámica que consiste en la minimización de costos sujeto a las ecuaciones de tecnologías de cada generador eléctrico, de tal manera que el orden de despacho lo determina la eficiencia de cada uno de ellos. Por razones de extensión, esta parte previa de la modelación no será explicada en este artículo; además, esta modelación ocurre en la fase de generación eléctrica, la cual no es objeto de estudio de este artículo. También se omite una explicación amplia de las cuestiones técnicas del funcionamiento de un sistema eléctrico.

El artículo se organiza en tres partes. La sección 2 está destinada a la metodología y su situación actual en donde se explican las metodologías y las herramientas previas utilizadas

para resolver el problema de la congestión de redes eléctrica, las cuales son los enfoques de mercado y regulatorio por separado. La sección 3 se reserva a la explicación del modelo. Este modelo denominado HRV por las iniciales de los nombres de sus autores, los profesores Hogan, Rosellón y Vogelsang, plantea un mecanismo que combina el enfoque de mercado y regulatorio, y en esta sección se detalla su funcionamiento. La sección 4 muestra los resultados y el análisis de la herramienta. Así, destacamos las mejoras que proporciona esta herramienta en términos de inversión en expansión de redes, precios óptimos y bienestar social.

METODOLOGÍA Y SITUACIÓN ACTUAL

Esta sección se subdivide en tres partes. En la primera, se exponen de manera simplificada las tres divisiones que tradicionalmente hacemos de un sistema eléctrico, con la finalidad de ubicar al lector en la fase de transmisión eléctrica, donde es aplicado el modelo de optimización dinámica. La segunda parte define brevemente el problema de la congestión de redes como un fenómeno económico. Por último, en la tercera parte se describen los avances, donde destacan los enfoques de mercado y regulatorio de manera individual.

Fases de un sistema eléctrico

Un sistema eléctrico se define como el conjunto de todos los dispositivos que tienen por función proveer la energía eléctrica. Un sistema eléctrico se divide en tres grandes fases: la generación, la transmisión y la distribución.²

² Algunos autores incluyen una cuarta fase llamada la comercialización. Otros, incluyen la comercialización dentro de la fase de distribución.

La primera y la tercera fases de un sistema eléctrico corresponden a la generación y distribución eléctrica, respectivamente. La generación eléctrica, como su nombre lo indica, es la generación (eficiente) de energía eléctrica para ser inyectada en los nodos³ del sistema eléctrico. La distribución eléctrica se refiere al reparto de la energía eléctrica a través de líneas de transmisión de bajo voltaje hasta los consumidores finales, que pueden ser industriales, comerciales o uso doméstico en las casas. Estas primera y tercera fases no son parte del objeto de estudio de este artículo.

La segunda fase es la transmisión eléctrica, la cual se compone de líneas (principales y secundarias). Las líneas de transmisión principales son aquellos cables que salen de las plantas generadoras y se van encadenando entre altas torres, y se caracterizan por llevar un alto voltaje de energía eléctrica. Al llegar a zonas urbanas donde se encuentra el mercado de consumo, la electricidad pasa por unos reductores de voltaje y es llevada por las líneas de transmisión secundarias para abastecer a los consumidores.

El mercado eléctrico tiene características muy peculiares. De acuerdo con Wilson [2002], una de estas características es que la electricidad no es almacenable o, en el mejor de los casos, resulta muy costoso hacerlo. Además, la transmisión eléctrica se lleva a cabo desde los generadores hacia la demanda a lo largo de redes malladas que pueden ser objeto de restricciones físicas y económicas de transmisión. Una tercera característica es que la definición de los derechos de transmisión de electricidad es una tarea muy difícil a causa de los flujos en la red. Por último, la oferta de generación eléctrica, que es transmitida a través de redes, debe encontrar demanda en tiempo real y, además, es necesario que exista una reserva de oferta para atender los picos de demanda aleatorios.

³ Un nodo eléctrico es definido como el punto donde se juntan oferta y demanda de electricidad; es decir, se puede cargar o descargar electricidad al sistema.

Es importante mencionar que las líneas de transmisión eléctrica se caracterizan por presentar externalidades determinadas por el flujo de red y las leyes de Kirchhoff.⁴ Las características del mercado eléctrico y las leyes físicas que lo gobiernan serán de mucha utilidad para entender el modelo de optimización dinámica y sus restricciones, lo que se presenta en la sección 3.

Definición del problema económico

La congestión de líneas de transmisión eléctrica constituye un problema que semeja una falla de mercado en el sentido económico, porque produce resultados ineficientes en la asignación de recursos y en los costos del servicio. Definiremos “congestión” de la siguiente manera:

Congestión es la situación en que la interconexión que enlaza las dos redes de transporte nacional no puede acoger todos los flujos físicos resultantes del comercio internacional solicitados por los sujetos del mercado a través de contratos bilaterales o como resultado del proceso de separación de mercados, debido a una insuficiente capacidad de los elementos de interconexión y/o de las propias redes de transporte nacional en cuestión.⁵

En otras palabras, la congestión de una red sucede cuando la línea de transmisión eléctrica, que une dos o más nodos, no tiene la suficiente capacidad para transmitir el flujo de energía deseado, debido a que dicha capacidad es menor al flujo demandado. Además, la congestión de redes de transmisión trae consigo otros problemas en la fase de generación

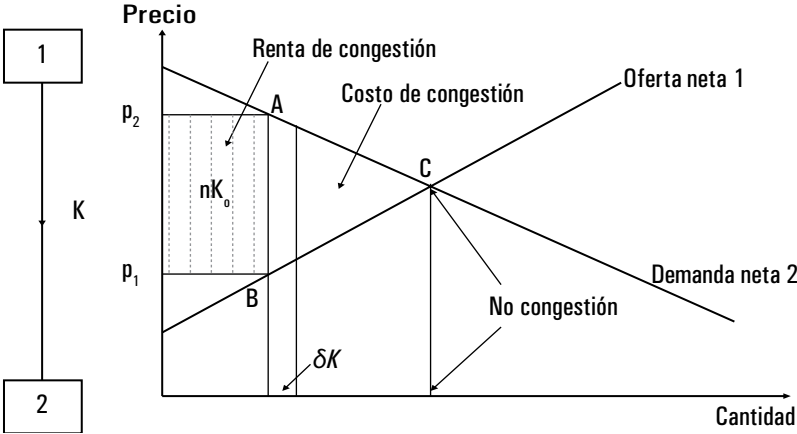
⁴ Las leyes de Kirchhoff establecen que los flujos de electricidad siguen el camino de transmisión de resistencia mínima.

⁵ Red Eléctrica de España; “Términos eléctricos”.

eléctrica, entre ellos, el aumento del poder de mercado de los generadores en ciertas regiones, la creación o aumento de las barreras a la entrada en generación y la reducción de los efectos de la competencia.

Para ejemplificar esto, la gráfica 1 muestra una línea radial simple donde hay demanda en el nodo 2 con posibilidad de comprar en el nodo 1 al generador más caro en esta ubicación, aunque más barato respecto a los generadores del nodo 2. La capacidad de la línea que va del nodo 1 al 2 es κ . La capacidad de transmisión restringida o congestionada se refleja en los precios nodales p_1 y p_2 que equilibran el mercado en los nodos 1 y 2, respectivamente. El precio de la congestión en transmisión está dado por: $\eta = p_2 - p_1$. El área $\eta\kappa_0$ es la renta de congestión y el triángulo ABC representa la congestión o costo del despacho. En términos prácticos, el costo de congestión representa el costo de financiamiento de la generación más cara en el nodo 2 que va a sustituir a la generación barata en el nodo 1 debido a la restricción de la transmisión.

Gráfica 1. Rentas y costos de congestión



Fuente: elaboración propia.

Si consideramos un incremento marginal de una unidad en la capacidad de transmisión δK que permite el flujo de 1 megawatt (MW) más del nodo 1 al nodo 2. Esto reemplaza un generador marginal del nodo 2 con costo p_2 por un generador más barato del nodo 1 con costo p_1 . El valor social de esta inversión está dado por la reducción en el área de congestión ABC. Si asumimos que al inversionista de la capacidad marginal se le compensa con un derecho financiero de transmisión (FTR, por sus siglas en inglés: *financial transmission rights*) de precio η , entonces este inversionista (no incumbente) procederá con la inversión tanto tiempo como η exceda el costo de inversión. De forma inversa, un propietario de red incumbente que es compensado por la renta de congestión no tendrá incentivos de expansión dependiendo del ingreso neto extra que represente η respecto al costo de reducir la renta de congestión. Así, los efectos de la congestión producen una elevación desmesurada de los costos marginales de la zona donde no pueden llegar los flujos de energía [Luyo, 2008]. La suma de todos los efectos anteriores produce una cadena de aumento de costos por el servicio de abastecimiento eléctrico que finalmente se ve reflejado en un mayor precio final al consumidor.

Situación actual

En la literatura de transmisión eléctrica relacionada con los incentivos para la expansión de redes se plantean dos enfoques importantes: el regulatorio y el de mercado.

Enfoque regulatorio

El primer enfoque se basa en mecanismos regulatorios para una compañía de transmisión tipo Transco.⁶ La firma encargada de

⁶ Una Transco se define como una compañía integrada, donde es, a la vez, propietaria del sistema de transmisión y la operaría del mismo.

la transmisión eléctrica es sujeta a una regulación por comparación (*benchmark*) o por regulación de precios que provean incentivos de inversiones de largo plazo mientras se evita la congestión.

Una alternativa diferente dentro de los modelos regulatorios es el de tarifa en dos partes desarrollado por Vogelsang [2001], donde se consideran métodos sobre la regulación de estructura de precios para la transmisión eléctrica. El punto central es el uso de incentivos para invertir en la expansión de la red derivados del rebalanceo de la parte fija y variable de una tarifa en dos partes. De acuerdo con este autor, el diseño de la estructura de precios debería permitir a la compañía regulada (Transco) poner precios tales que su capacidad sea utilizada lo mejor posible, y al mismo tiempo debería aumentar la inversión en expansión.

Básicamente, se encuentran tres resultados de este modelo. El primero de ellos es que en periodos de exceso de capacidad y asumiendo demanda estacionaria, el cargo fijo debe aumentar para cubrir costos fijos y el cargo variable disminuir. El segundo resultado es que, en periodos de congestión de redes, el cargo variable es el que aumenta por el uso masivo de las líneas y el cargo fijo disminuye. El tercer resultado señala que es el rebalanceo adecuado de los dos ingresos de la tarifa el que provee los incentivos adecuados para la inversión en expansión de redes.

De acuerdo con Rosellón [2007], una de las limitaciones que tiene este modelo es la existencia de redes malladas,⁷ donde se hace más complicado el análisis de una tarifa en dos partes, gracias a la interacción entre las líneas de transmisión, y el despacho de corto plazo se ve afectado por problemas en los flujos de la red. Además, en un escenario de red multinodal, la función de costos se ve alterada como resultado de

⁷ Una red multinodal es aquella que consta de muchos nodos y líneas enlazados entre sí, como una telaraña, a lo que llamamos redes malladas.

alguna inversión en una línea nueva, ya que afectaría a todas las demás líneas. Así, la aplicación de tarifas en dos partes como un mecanismo de rebalanceo para redes multinodales implica un ajuste en términos de redefinición del producto de la transmisión, reconociendo la imposibilidad de seguir el rastro a los electrones por toda la línea de transmisión, y más bien redefiniendo dicho producto como una transacción de punto a punto.⁸

Otra de las críticas al modelo regulatorio es el supuesto de la existencia de una demanda estacionaria. Las demandas suelen ser muy volátiles, cambian cada instante, los picos de demanda varían de acuerdo con horarios, estaciones y eventos repentinos. En ese sentido, hacer un rebalanceo tarifario considerando demandas estacionarias hace poco realistas los resultados del modelo.

Por último, la modelación de las funciones de costo cuando consideramos redes malladas es también complicada. Una forma de remediar esto es asumir que la firma observa su función de costos de largo plazo.

Enfoque de mercado

Un segundo enfoque para expandir redes trata de solucionar los problemas de congestión mediante una serie de contratos que distribuyen las rentas de congestión que el operador del sistema colecta. En primer lugar, los contratos por diferencias (cfd) son instrumentos financieros de manejo de riesgo de congestión en transmisión que hacen posible a los participantes del mercado cubrirse contra las diferencias entre el precio de área y el precio del sistema en un periodo futuro. Los contratos futuros comercializados están referidos al precio del sistema, los productores pagan el precio de área y los consumidores

⁸ Esto es, en las transacciones punto a punto se inyecta una cantidad de energía en un nodo y se retira la misma cantidad de energía de otro nodo.

adquieren electricidad en sus respectivas áreas de precios y, frecuentemente, productores y consumidores en áreas diferentes encuentran situaciones de congestión en transmisión cuando el precio de áreas difiere del precio del sistema.

De acuerdo con Kristiansen [2004], el precio de mercado de los cfd (en países nórdicos) puede ser positivo, negativo o cero. El primer caso se obtiene si la expectativa del mercado es que el precio de área sea mayor al precio del sistema. En el segundo caso la expectativa del mercado es que el precio de área sea menor al del sistema. En el último caso, se obtiene una cobertura perfecta dado que los precios de área y del sistema son iguales. Para crear una cobertura perfecta se debe cumplir lo siguiente: *i)* cubrir el volumen especificado mediante los contratos *forwards*; *ii)* cubrir el precio diferencial (para el mismo volumen y periodo) usando los cfd; y *iii)* realizar la contratación física para el intercambio en el área.

En segundo lugar, para Hogan [1992] los FTR son instrumentos que distribuyen las rentas de congestión que el operador del sistema colecta. Según este autor, un FTR de largo plazo (LTFTR, por sus siglas en inglés, *long term financial transmission rights*) ' q_{ij} ' representa el derecho a recoger o la obligación a pagar el equivalente de los ingresos netos por inyectar energía eléctrica en la cantidad q al nodo i y recibiendo la misma cantidad en el nodo j . El FTR no especifica el camino tomado entre i y j .

Por definición, un FTR otorga a su propietario el derecho de compartir las rentas de congestión que el operador del sistema recibe en periodos de congestión en transmisión. Una de las ventajas de este modelo es que equivale a tener agentes responsables por las externalidades; es decir, que puedan pagar por ellas de tal forma que cuando los FTR coincidan exactamente con el despacho, el bienestar no se reduzca por la incertidumbre de los agentes. Con este mecanismo de mercado, los agentes pueden invertir en nueva capacidad de transmisión y financiar dicha inversión con la venta de LTFTR.

La diferencia entre la renta de congestión y el pago a los propietarios de los FTR puede ser positiva, igual a cero o negativa. El primer caso es el resultado de un excedente del operador del sistema que es redistribuido a propietarios de los FTR; el segundo caso, cuando el excedente que colecta el operador es nulo; y el tercer caso, cuando el pago de FTR excede la renta de congestión y el operador del sistema tiene que reducir proporcionalmente los montos de los FTR.

Rosellón [2003] menciona que existen tres posibles enfoques para estimular la inversión en expansión de transmisión: *i)* FTR de largo plazo, *ii)* precio tope y *iii)* análisis de poder de mercado. De acuerdo con Hogan [2002], el enfoque de FTR de largo plazo es como un modelo de inversión de mercado en transmisión porque los FTR incrementales contribuyen a fijar precios basados en el mercado y crean incentivos para invertir en expansión.

No obstante, existen críticas al enfoque de mercado. Joskow y Tirole [2002 y 2003] cuestionan la eficacia del modelo en su habilidad para crear incentivos de inversión en transmisión. Al respecto, mencionan que muchos de los mercados eléctricos son volátiles y ninguna reestructuración de estos ha incluido enfoques puros de mercado. El argumento crítico está en los supuestos del modelo de los FTR, los cuales, al decir de estos autores, se basan en una estructura de competencia perfecta que permite eficiencia.

En particular, estos críticos afirman que el mercado eléctrico aumenta precios en áreas restringidas, por lo que los precios no reflejan costos marginales. En especial, la congestión en transmisión crea pagos a inversionistas que son menores que el incremento en el excedente social. También consideran que existen capacidades de transmisión incremental que no son bien definidas y son estocásticas. La oferta y la demanda son estocásticas y, por tanto, los precios nodales también lo serán. Por último, mencionan que la separación del operador del sistema y del propietario de la red de transmisión

genera un problema de *moral-hazard* (acciones ocultas). Esto quiere decir que si los incentivos de estas dos partes no están alineados, entonces hay un riesgo de acciones por parte del propietario de la red.

Otros estudios también han cuestionado el enfoque de mercado. Por ejemplo, Pérez-Arriaga *et al.* [1995] mencionan que los ingresos de la fijación de precios nodal apenas cubren 25 % de los costos totales, por lo que es necesario combinar el enfoque de FTR con una estructura de precio fijo para recuperar los costos fijos. Kristiansen y Rosellón [2006] responden a estas críticas declarando que el uso de este enfoque está diseñado para promover la expansión marginal de líneas de transmisión en pequeña escala en el corto plazo y para redes malladas, bajo el supuesto de no existencia de poder de mercado.

De la literatura de FTR se desprende un convencimiento sobre la necesidad de coexistencia entre la planificación centralizada y la creación de incentivos para inversión en expansión. La planificación central es necesaria por las economías de escala y los incentivos a la congestión de redes. Joskow y Tirole [2002] agregan que es importante la definición de las funciones del operador del sistema en temas de planeación, cronograma y grado de participación en expansión de transmisión. Lo que es imposible definir con anticipación es la actividad del sistema de transmisión en términos de un proceso de salida dado que es imposible trazar el flujo de la electricidad a través de las redes, por lo que es necesario una redefinición del producto de salida como uno de “punto a punto”.

Por último, Barmack *et al.* [2003] argumentan que si el propietario de la transmisión admite el riesgo del déficit de la renta de congestión (pagos a propietarios de FTR), entonces debería ser compensado con pagos fijos para financiar el déficit, para lo cual se requerirá de la creación de algún tipo de fondo.

Como se describió en la sección 2, existen ciertos enfoques que han intentado solucionar el problema de congestión de redes de transmisión y sus efectos, entre ellos, el enfoque regulatorio y de mercado de manera individual. Sin embargo, como muestra la literatura, sólo han sido soluciones parciales al problema.

En esta sección, además de la explicación teórica del modelo, también se menciona el mecanismo para la simulación del mismo.

El modelo HRV

El mecanismo que se propone en este artículo es uno que combina el enfoque de mercado con el regulatorio en un ambiente donde los oferentes (generadores) y demandantes (usuarios del servicio eléctrico) no tienen incidencia en la determinación de los precios de mercado. En la literatura especializada se le conoce como el modelo híbrido de Hogan, Rosellón y Vogelsang (HRV).

Matemáticamente, se basa en un modelo de optimización dinámica con restricciones de desigualdad, en el cual se hace uso de conceptos y teoremas que proporcionan los distintos enfoques que conducirán a la resolución de este tipo de problema, a saber: *i)* aplicación de convexidad (teorema local-global); *ii)* aplicación de curvas de nivel; *iii)* aplicación del teorema de Weierstrass; *iv)* aplicación de las condiciones de Kuhn-Tucker; y *v)* interpretación económica de los multiplicadores de Kuhn-Tucker.

Así, las herramientas para modelar el modelo HRV y ecuaciones de balance de energía se combinan en un problema de

optimización dinámica de dos niveles que llamaremos problema alto y problema bajo.

El nivel alto representa un problema de optimización dinámica resuelto por la Transco, que maximiza sus beneficios de forma intertemporal sujeta a su tarifa en dos partes. La parte fija de la tarifa paga el cargo que recupera costos fijos, mientras la parte variable paga un cargo por los FTR basado en precios nodales. El nivel bajo representa la optimización de un operador independiente del sistema (ISO), el cual opera el mercado de electricidad, despachando la generación y transmisión de manera óptima, y maximiza el bienestar social dadas las restricciones de generación, capacidad y balance de energía. Los dos problemas son resueltos simultáneamente.

Es importante mencionar que para combinar estos dos enfoques se redefine el producto de la transmisión eléctrica en términos de los LT_{FTR} que se definen entre nodos.⁹

Problema de nivel alto

En el nivel alto, la Transco busca maximizar sus beneficios, dada la restricción del precio tope. La función objetivo de la Transco es igual a la sumatoria de los ingresos por subasta de FTR (pagos variables) más los ingresos por transmisión (pago fijo) menos los costos por expandir la red.

$$\max_{k,F} \pi = \sum_t^T \left[\sum_{ij} \tau_{ij}^t(k) q_{ij}^t(k) + F^t N^t - \sum_{ij} c(k_{ij}^t) \right] q_{ij} \quad \begin{array}{l} \text{función} \\ \text{objetivo} \\ \text{Transco} \end{array} \quad (1)$$

⁹ La redefinición del producto de la transmisión en términos de los LT_{FTR} se refiere a pasar de una definición basada en el "rastreo físico" de la electricidad que fluye por una red mallada a una definición basada en transacciones "punto a punto".

Sujeto a la restricción presupuestaria de precio máximo:

$$\frac{\sum_{ij} \tau_{ij}^t(k) q_{ij}^w(k) + F^t N^t}{\sum_{ij} \tau_{ij}^{t-1}(k) q_{ij}^w(k) + F^{t-1} N^t} \leq 1 + RPI + X \quad \begin{array}{l} \text{restricción} \\ \text{regulatoria} \end{array} \quad (2),$$

donde $\tau_{ij}^t(k)$ es el precio de subasta por FTR y $q_{ij}^t(k)$ la FTR, entre el nodo i y j , respectivamente; F^t el pago fijo a determinar en el modelo; N^t el número de consumidores; $c(k_{ij}^t)$ el costo de capacidad de transmisión entre el nodo i y j ; w un ponderador (cuando $w = q^{t-1}$, se trata del ponderador de Laspeyres).

En el lado izquierdo de la desigualdad (2), tenemos un cociente ponderado mediante la regla Laspeyres (si $w = q^{t-1}$), cuyo numerador representa la sumatoria de ingresos variables y fijos del periodo actual y en el denominador tenemos la misma sumatoria de ingresos variables y fijos, pero considerando precios del periodo anterior. Esta relación de ingresos no puede ser mayor que la unidad más la inflación (RPI), y un factor de eficiencia establecido (X). Al resolver este problema de optimización se obtiene la condición de primer orden:

$$(\nabla q_{ij}^t + \nabla q_{ij}^w) \tau_{ij}^t(k) - \nabla c^* = (q_{ij}^w + q_{ij}^t(k)) \nabla \tau_{ij}^t \quad (3)$$

Abstraemos por simplicidad el problema de la distribución de los FTR entre los participantes del mercado (demandantes de carga y generadores). Por tal motivo, se reescribe el modelo de la siguiente manera:

$$\max_{k, F} \pi = \sum_t^T \left[\sum_i p_i^t d_i^t - p_i^t g_i^t + F^t N^t - \sum_{ij} c(k_{ij}^t) \right] q_{ij}^t \quad \begin{array}{l} \text{función} \\ \text{objetivo (1'),} \\ \text{ajustada} \end{array}$$

donde p_i^t es el precio en tiempo t , nodo i ; d_i^t la demanda en tiempo t , nodo i ; g_i^t generación en tiempo t , nodo i .

Como veremos más adelante, tener expresada la función objetivo de la Transco de esta forma es conveniente para la conexión con el nivel bajo del modelo en un algoritmo computacional. A su vez, reescribimos la restricción regulatoria de precio tope en términos similares, al reemplazar los ingresos de FTR por los ingresos de rentas de congestión:

$$\frac{\sum_{ij}(p_i^t d_i^w - p_i^t g_i^w) + F^t N^t}{\sum_{ij}(p_i^{t-1} d_i^w - p_i^{t-1} g_i^w) + F^{t-1} N^t} \leq 1 + RPI + X \quad (2')$$

De este nivel (alto), notamos que una expansión de la red conduce a una reducción en las rentas de congestión del sistema y, por tanto, podría reducir los beneficios de la Transco. Sin embargo, dado este mecanismo de regulación en dos partes, la Transco compensa la disminución de ingresos por subastas (el pago variable) al aumentar el pago fijo hasta que el rebalanceo de ambas partes reduce la congestión; esto hasta el punto en el que el costo marginal de capacidad para una nueva transmisión converge en el costo de la congestión esperada.

Problema de nivel bajo

En el nivel bajo hay un ISO que busca maximizar el bienestar social dadas las restricciones de generación, capacidad y balance de energía. Además, suponemos que el ISO maneja las ventas del mercado en un contexto de competencia perfecta, donde la demanda es lineal y el costo marginal de generación constante:

$$\max_{d,g} w = \sum_i p_i^t \left[\int_0^{d_i^t} p(d_i^t) dd_i^t \right] - \sum_i mc_i g_i^t \quad \begin{array}{l} \text{función objetivo} \\ \text{del ISO} \end{array} \quad (4)$$

Sujeto a tres restricciones:

$$g_i^t \leq g_i^{t,max}, \forall i, t \quad \text{restricción de generación al nodo } i \quad (5)$$

$$|pf_{ij}^t| \leq k_{ij}^t, \forall i, j \quad \text{restricción de flujo de línea entre } i, j \quad (6)$$

$$g_i^t + q_i^t = d_i^t, \forall i, t \quad \begin{array}{l} \text{restricción de balance de energía} \\ \text{al nodo } i \end{array} \quad (7)$$

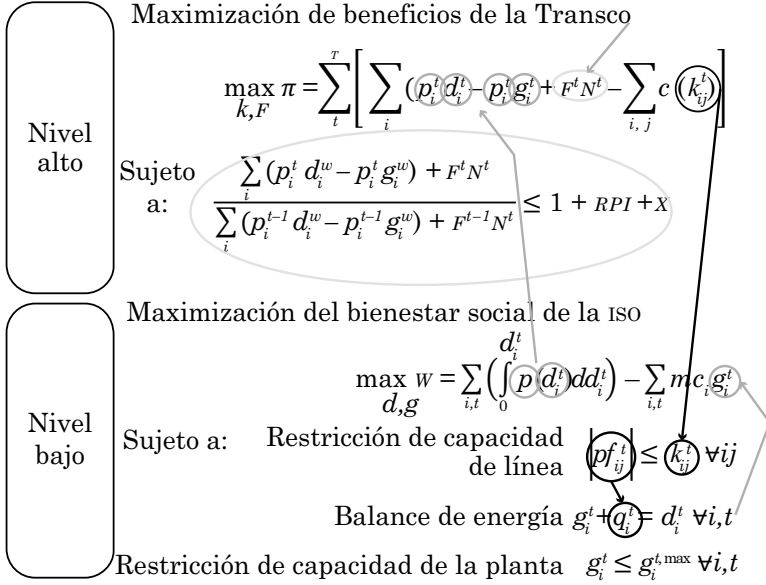
donde mc_i es el costo marginal de generación; pf_{ij} el flujo de energía del nodo i al j ; k_{ij} : capacidad de línea entre nodo i y el j , y $p(d_i^t)$: demanda inversa.

Los flujos de energía son bidireccionales; es decir, cumplen que el flujo del nodo i al j sea igual al negativo del flujo j al i : $pf_{ij} = -pf_{ji}$. De allí, la inyección neta a la red puede derivarse como la suma neta de ingresos y salidas de flujo de energía a un determinado nodo: $q_i = \sum_j pf_{ij}$.

Dinámica entre el nivel alto y el bajo

Los niveles alto y bajo del modelo se relacionan entre sí, pues simultáneamente se encuentran las variables relevantes. En el nivel alto, se encuentran la capacidad (k) y el cargo fijo (F), mientras que en el nivel bajo se encuentran las variables demanda (d) y generación (g) e, implícitamente, también se obtiene el precio óptimo (p). Previo a esta fase, el modelo (mediante el ISO) define la solución de menor costo para la configuración de la red y también para obtener los insumos de la restricción reguladora. El diagrama 1 muestra gráficamente la dinámica entre el nivel bajo y el alto.

Diagrama 1. Dinámica entre el nivel alto y bajo del modelo HRV



En el nivel alto, se maximiza la función objetivo de la Transco. Dentro de los ingresos variables se toman en cuenta los datos de demanda y generación por cada nodo para el tiempo t , multiplicados cada uno por los precios que limpian el mercado (precios nodales), y también se considera un pago fijo F (que se determinará en la optimización) multiplicado por el número de consumidores del sistema. Asimismo, se incluyen los datos de costos de capacidad para completar la función de beneficio. Al mismo tiempo, en el nivel bajo, el ISO maximiza el bienestar social, pues considera los precios y la demanda del periodo t menos los costos marginales de generación, sujeto a la capacidad del periodo actual, la restricción de generación y el balance de energía. Al realizarse simultáneamente estas dos optimizaciones, los precios nodales varían conforme la restricción regulatoria. En el largo plazo, estos precios convergen en un óptimo estable de Ramsey [Train, 1994], lo cual reduce la congestión en cada periodo.

Simulación del HRV

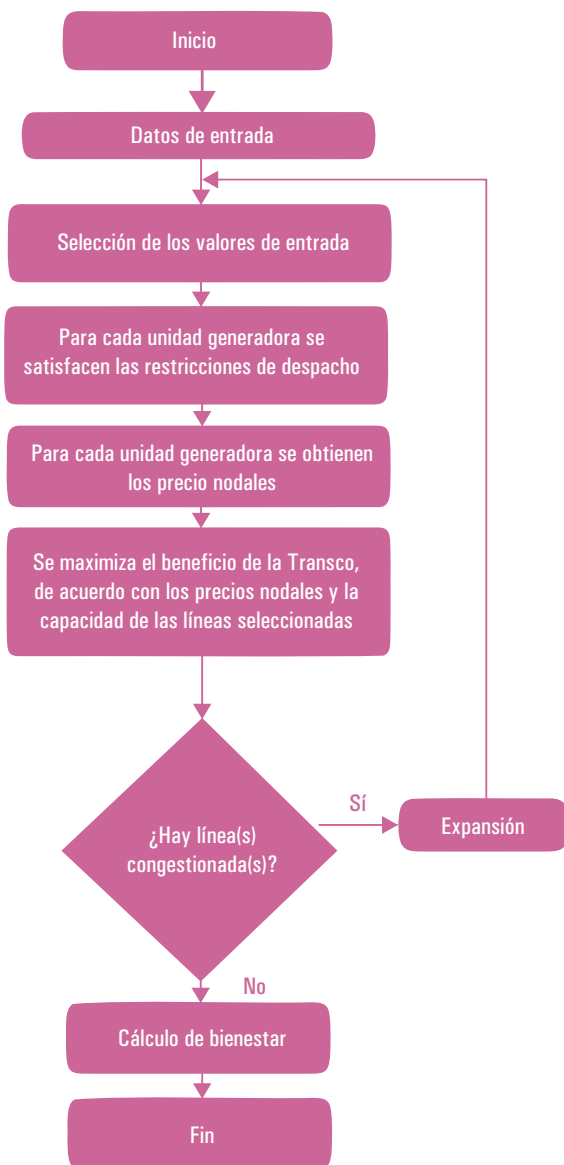
Para las corridas del modelo HRV se construyó un simulador.¹⁰ Los pasos del simulador se abrevian en el diagrama 2, donde se describe el algoritmo utilizado para resolver el modelo. En este algoritmo se resuelven, en primera instancia, las ecuaciones para el ISO (restricciones físicas de la red) y posteriormente para la Transco (restricción de precio máximo). El mecanismo aplicado para la simulación toma los precios nodales iniciales arbitrarios, y promueve su convergencia hacia un precio de equilibrio con una menor renta de congestión y un mayor bienestar social.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se ha aplicado el modelo HRV a los sistemas eléctricos de diversos países y regiones; por ejemplo, en México, Perú, en algunas regiones de Estados Unidos, en la provincia de Ontario, entre otros. En particular, en este artículo mostraremos los resultados y el análisis de la aplicación del modelo HRV en la provincia de Ontario, dado que es parte de mi producción académica. Los datos utilizados para este estudio se obtuvieron de organizaciones públicas, como el operador del sistema en Ontario y el regulador en dicha provincia, publicadas en sus respectivas páginas de internet. Luego, al recolectar y sistematizar esa información creamos nuestra propia base de datos que consiste en zonas eléctricas, 10 nodos agregados, nodos individuales, nombre de generadores y sus tipos de tecnología, generación máxima en cada nodo, demanda para el año 2009, costos de generación y precios de oportunidad, y capacidad de 11 líneas de transmisión.

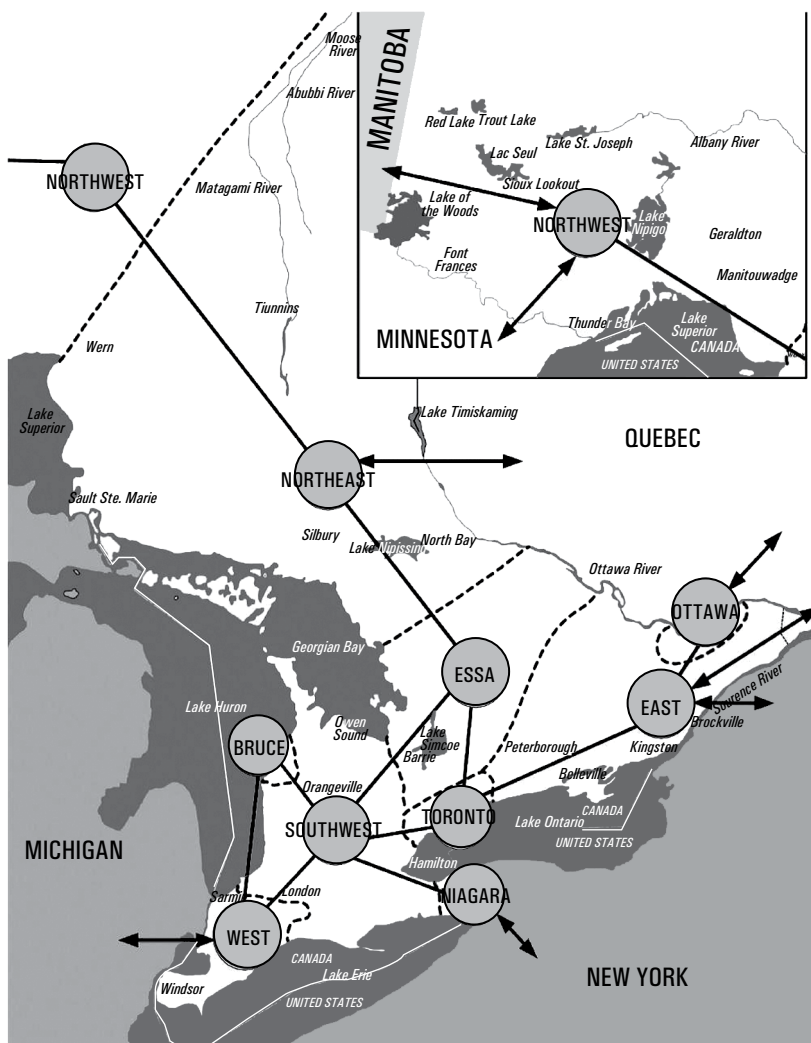
¹⁰ En lo que respecta a la simulación en la provincia de Ontario, el diseño estuvo a cargo del doctor Erick Zenón. El simulador está construido en un entorno Windows XP con base en lenguaje de programación "C". Se ingresan los datos en formato de "blog de notas" y el cálculo del bienestar es almacenado en una hoja de cálculo Excel.

Diagrama 2. Pasos para el diseño del simulador



Fuente: con datos de Tregear [2011].

Mapa 1. Topología simplificada de la red eléctrica en la provincia de Ontario



Fuente: elaboración propia con información de Ontario Energy Board.

Además, se diseñó una regla o algoritmo para agrupar y depurar los datos. Esta tarea es necesaria para obtener una arquitectura de red simplificada. En concordancia con el IESO, consideramos 10 zonas eléctricas y agrupamos todos los nodos que se encuentran en ellas para formar 10 nodos principales. Del mismo modo, agrupamos líneas de transmisión y asociamos cada nodo principal con todos los generadores de su zona eléctrica. El siguiente paso fue asociar los nodos principales a los datos de tecnología y capacidad de generadores, capacidad de líneas de transmisión, demanda, costos de generación y precios de oportunidad.

Cuadro 1. Nodos agregados, zonas eléctricas y nodos individuales

Núm. de nodo agregado	Zona	Núm. de nodos
1	Northwest	26
2	Northeast	42
3	ESSA	2
4	Ottawa	2
5	East	13
6	Toronto	10
7	Bruce	2
8	Southwest	9
9	Niagara	4
10	West	8
	Total de nodos	118

Fuente: elaboración propia con información de OEB.

El cuadro 2 muestra las características iniciales de la red asumidas para la simulación. Se agregaron 10 nodos; consideramos 20 periodos como horizonte de corridas del modelo, aunque la convergencia pudiera darse en un número menor de periodos; la función de costos es lineal; y asumimos un costo de expansión que asciende a 130 MXN por MW. La función de demanda es lineal y suponemos una elasticidad-precio de la demanda de -0.25. Así, los datos de demanda son

los valores iniciales de la función de demanda, y la elasticidad nos sirve para construir la función de demanda para los siguientes periodos de simulación.

Cuadro 2. Características iniciales de la red en Ontario

Valores de simulación	
Nodos	10
Número de periodos	20
Costo	Lineal
Función de costos	$C_{ij}^t = C_0 \cdot (K_{ij}^t \cdot K_{ij}^{t-1})$
C_0 (costos expansión de línea)	130MXN/MW
Demanda	Lineal
Supuesto de elasticidad	-0.25

Fuente: elaboración propia.

Además, los valores de referencia para las simulaciones del modelo son aquellas variables que caracterizan la red eléctrica de Ontario y se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Ontario. Valores de referencia

Total de zonas eléctricas	10
Número de generadores	78
Número de generadores por zona	1 a 20
Generación máxima	0.6 MW/h a 3 909 MW/h
Costo marginal de generación	8.78 MXN/MW a 22.08 MXN/MW
Demanda total (hora pico)	24 005 MW
Demanda por zona	55 MW a 9 345 MW
Capacidad de la línea	115 MW a 4 050 MW

Fuente: elaboración propia con información de IESO y OEB.

Resultados: tendencia de precios

Los resultados muestran la convergencia durante 20 periodos de los precios iniciales hacia un precio óptimo en un escenario de hora pico y no pico.

En el primer periodo, los precios nodales difieren sustancialmente porque algunas líneas están sujetas a altos niveles de congestión. Con excepción de los nodos 1 y 5 correspondientes a Northwest y East, respectivamente, todos los demás nodos empiezan con altos precios nodales (casi 25 MXN/MWh). Sin embargo, ocurre una rápida convergencia de precios nodales que llega a su óptimo en el periodo 7. El precio promedio después de los primeros siete periodos es equivalente a 31.56 % más bajo comparado con el promedio de precios nodales con que se inició la simulación.

En un escenario de hora no pico, las tendencias de convergencia son similares; el precio promedio óptimo es equivalente a 25 % más bajo comparado con el promedio inicial de precios nodales.

Resultados: propiedades de bienestar

Comparamos los resultados del modelo HRV en dos escenarios alternativos. La primera comparación es con la red sin extensión (situación inicial), donde se presentan los resultados de la simulación en el *statu quo*. La segunda comparación se hace con los resultados de un modelo en el cual existe un operador del sistema benevolente¹¹ (ISO) que maximiza el bienestar, administra la capacidad de las líneas y elige las variables relevantes. Las comparaciones se hacen en hora pico y no pico.

¹¹ Este modelo se construye como un *benchmark* para evaluar numéricamente la convergencia de propiedades de bienestar del mecanismo HRV. El ISO maximiza el bienestar sujeto a las restricciones (5), (6) y (7) del problema bajo:

$$\max_{d,g} W = \sum_{i,t} \left(\int_0^{d_i^*} p_i(d_i^t) dd_i^t \right) - \sum_{i,t} mc_i g_i^t - \sum_{i,j} c(k_j^t)$$

En hora pico (cuadro 4), el bienestar del consumidor y del productor aumentan significativamente con la aplicación del enfoque regulatorio; crecen en 84 y 43 % respecto de la situación inicial. Así, el bienestar social asciende 77 % después del tratamiento regulatorio de las redes.

Cuadro 4. Comparación de resultados en hora pico

	Red no extendida	Enfoque regulatorio	Maximización del bienestar
Renta del consumidor (MIOUSD/h)	0.738	1.36	1.64
Renta del productor (MIOUSD/h)	0.072	0.103	0.124
Renta de congestión (MIOUSD/h)	0.0173	0.00192	0.00137
Bienestar total (MIOUSD/h)	0.8273	1.46492	1.76537
Capacidad de la red total (GW)	2.21	4.6573	5.2443
Precio promedio (USD/MWh)	18.9231	12.9509	12.82

Fuente: información obtenida del simulador operativo.

Además, los niveles de bienestar del consumidor, del productor y el social convergen con el óptimo de bienestar obtenido en el modelo de ISO benevolente. Otro resultado es el aumento significativo de la capacidad total de la red, la cual tendría que expandirse prácticamente al doble para disminuir la congestión y balancear el sistema, disminuyendo así la renta de congestión en 88 %. En hora no pico (cuadro 5), los resultados siguen la misma tendencia, aunque con un efecto menor. Por ejemplo, el excedente del consumidor sólo aumenta en casi 9 %. En cambio, el excedente del productor sí registra un aumento considerable de 66 %, con lo cual se obtiene un incremento de bienestar social positivo.

Cuadro 5. Comparación de resultados en hora no pico

	Red no extendida	Enfoque regulatorio	Maximización del bienestar
Renta del consumidor (MIOUSD/h)	0.763	0.83	0.92
Renta del productor (MIOUSD/h)	0.0474	0.079	0.093
Renta de congestión (MIOUSD/h)	0.0121	0.00098	0.00092
Bienestar total (MIOUSD/h)	0.8314	0.90998	1.013992
Capacidad de la red total (GW)	2.2132	4.2292	4.4332
Precio promedio (USD/MWh)	12.8527	9.606	9.54

Fuente: información obtenida del simulador operativo.

Se observa que los niveles de bienestar obtenidos de la aplicación del modelo HRV en hora no pico también convergen con el óptimo de bienestar obtenido en el modelo de maximización de bienestar. Las rentas de congestión en un escenario de demanda baja se reducen 91 %, producto básicamente de la expansión de la red en un porcentaje similar.

CONCLUSIONES

En este trabajo, hemos presentado una herramienta matemática en el contexto de la optimización dinámica para resolver un problema económico relacionado con el sector eléctrico. En términos generales, el modelo HRV funciona tanto desde un punto de vista teórico como desde uno empírico. Los resultados muestran que los precios convergen con el costo marginal de generación, la renta de congestión disminuye y el bienestar social se incrementa.

El mecanismo puede ser aplicado fácilmente en la práctica y a un bajo costo, ya que el regulador requiere solamente de información mínima que proveen los precios nodales del

mercado. El modelo HRV es un mecanismo aplicable a otros sistemas eléctricos independientemente de la organización del sistema eléctrico, la topología de redes y el tipo de generación instalada que exista.

Es importante identificar algunas limitaciones que incluyen la posibilidad de poder de mercado en los sectores de generación y de FTR; la potencial sustitución entre la expansión de la generación y la transmisión; el comportamiento estocástico de la demanda; la incertidumbre en costos; y las asimetrías de información entre varios agentes de la red de transmisión.

Finalmente, la implementación de nuevas herramientas matemáticas para resolver las limitaciones de este enfoque pone la mesa para una agenda muy ambiciosa de investigación futura.

BIBLIOGRAFÍA

- Barmack, M., P. Griffes, E. Kahn y S. Oren [2003], “Performance incentives for transmission”, *The Electricity Journal*, vol. 16, abril: 9-22.
- Hogan, W. [2002], “Financial transmission right incentives: applications beyond hedging”, presentación para el Harvard Electricity Policy Group (HEPG), 28ª sesión plenaria, 31 de mayo.
- [1992], “Contract network for electric power transmission”, *Journal of Regulatory Economic*, 4 (3): 211-242.
- Hogan, W., J. Rosellón e I. Vogelsang [2010], “Toward a combined merchant-regulatory mechanism for electricity transmission expansion”, *Journal of Regulatory Economics*, 38: 113-143, <<https://cutt.ly/mwuenTk5>>.
- Independent Electricity System Operator (IESO) [2011], “Ontario Transmission System”, Ontario, <<https://acortar.link/ezo0zH>>.

- Independent Electricity System Operator (IESO) [2006a], “Market pricing working group”, Ontario, LMP Study-Model Description.
- _____ [2006b], “Ontario Transmission System”, Ontario.
- Joskow, P. y J. Tirole [2003], “Merchant Transmission Investment”, mimeo.
- _____ [2002], “Transmission investment: alternative institutional frameworks”, mimeo.
- _____ [2000], “Transmission rights and market power on electric power networks”, *RAND Journal of Economics*, 31(3): 450-487.
- Kristiansen, T. y J. Rosellón [2006], “A merchant mechanism for electricity transmission expansion”, *Journal of Regulatory Economics*, 29 (2): 167-193.
- _____ [2004], *Risk management in electricity markets emphasizing transmission congestion*, tesis doctoral, Norwegian University of Science and Technology, NTNU Open.
- Luyo, J. [2008], “Efectos de la congestión de las redes de transmisión en la competencia en mercados eléctricos de producción hidrotérmica”, *Pensamiento Crítico*, 9: 77-98, Universidad Nacional Mayor de San Marcos (NMSM)-Facultad de Ciencias Económicas, Lima, Perú.
- Ontario Energy Board (OEB) [2010], “Monitoring report on the IESO-administered electricity markets”, Market Surveillance Report, enero, Ontario.
- _____ [2010a], “Regulated price plan, price report, 2010-11”, Ontario.
- _____ [2010b], “Board policy: framework for transmission project development plans”, EB-2010-0059, Ontario.
- _____ [2006], <<https://www.oeb.ca/>>.
- _____ [2005], “Cost assessment model”, Ontario.
- Ontario Government [1997], “Direction for change: charting a course for competitive electricity and jobs in Ontario”, Ontario.

- Pérez-Arriaga, I. J.; F. J. Rubio, J. F. Puerta, J. Arceluz y J. Marin [1995], “Marginal pricing of transmission services: an analysis of cost recovery”, *IEEE Transactions on Power System*, vol. 10, núm. 1, febrero.
- Rosellón, J. [2007], *La expansión de la transmisión eléctrica en México: distintos enfoques*, México, Centro de Investigación para el Desarrollo (Cidac).
- [2003], “Different approaches toward electricity transmission expansion”, *The Review of Network Economics*, 2 (3): 238-269.
- [2000], *Alternativas de regulación de precios en el sector eléctrico*, México, ITAM/Miguel Ángel Porrúa.
- Rosellón, J. y H. Weigt [2008], “A dynamic incentive mechanism for transmission expansion in electricity networks. Theory, modeling and application”, documento de trabajo 424, México, CIDE.
- Rosellón, J.; J. Tregear y E. Zenón [2010], “El modelo HRV para expansión óptima de redes de transmisión: aplicaciones en Ontario”, documento de trabajo 479, México, CIDE-División de Economía.
- Train, K. E. [1994], “Optimal Regulation: The Economic Theory of Natural Monopoly”, The MIT Press.
- Tregear, J. [2011], *Un diseño de política eléctrica basado en el modelo HRV para expansión óptima de redes de transmisión: aplicaciones en Ontario y enseñanzas para México*, tesis de doctorado, México, CIDE-División de Economía.
- Vogelsang, I. [2001], “Price regulation for independent transmission companies”, *Journal of Regulatory Economics*, 20 (2), septiembre: 141-165.
- Wilson, R. [2002], “Architecture of power markets”, *Econometrica*, 70 (4): 1299-1340.

2. DISEÑO DE UN INDICADOR ADELANTADO PARA EL ANÁLISIS DE LA ACUMULACIÓN DE CAPITAL EN MÉXICO, 2003-2018

Nayeli Pérez Juárez

INTRODUCCIÓN

La crisis económica como consecuencia de la enfermedad de covid-19 estimuló la discusión sobre las crisis, en sus distintos enfoques, exógeno y endógeno, con el propósito de analizar las variables macroeconómicas que determinan la expansión y contracción, con miras hacia la posible recuperación. El análisis cíclico de la economía se ha estudiado de manera convencional desde la inversión y el desempleo, propuesto por J. M. Keynes en 1936, que tiene como antecedente el trabajo de M. Kalecki [1990]. La estimación se ha ido consolidado en metodologías como la del National Bureau of Economic Research (NBER), la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal), por mencionar a los más representativos. Enfoques desde la perspectiva de la ganancia, como el de K. Marx [1867] y Burns y Mitchel [1946], son poco abordados para su estimación, al enfrentarse con dificultades debido a que las estadísticas existentes se construyen bajo una óptica distinta, y esta representa una de las principales limitantes y retos para su estimación.

Shaikh [1984] ha analizado la tasa de ganancia, composición orgánica y plusvalía con cuentas nacionales del Bureau

of Economic Analysis (BEA). Roberts M. [2016] estudia las crisis económicas y evalúa las categorías marxistas, debate con el planteamiento de Keynes y los poskeynesianos. En México, uno de los primeros análisis desde el enfoque de la ganancia es el de Aréchiga [1979], quien estima la tasa de ganancia con arreglo a cuentas nacionales. Los documentos de Jiménez [2017], Mariña y Moseley [2001], Martínez *et al.* [2019], Sandoval [2007] y Valenzuela [1993] retoman las categorías fundamentales de Marx y su estimación del capital variable, capital constante, masa de plusvalía, tasa de plusvalía, tasa de ganancia, tasa de acumulación y trabajo productivo e improductivo, mediante cuentas nacionales, matriz insumo-producto, censos económicos y modelo de mínimos cuadrados generalizados.

En el estudio del ciclo económico es fundamental que exista una interpretación con el enfoque de la ganancia, pues las propuestas de recuperación que surgen desde la óptica de la inversión se han limitado a políticas de corte fiscal; otra perspectiva analítica contribuye a una forma distinta de proponer una salida a las crisis.

En este contexto, el presente trabajo tiene por objetivo construir un indicador adelantado para el análisis de la acumulación en México en el periodo 2003-2018, con la finalidad de propiciar un acercamiento al análisis del ciclo económico desde el enfoque de la ganancia. El aporte metodológico se encuentra en la construcción de la serie de referencia y las series temporales de los indicadores adelantados y rezagados. La técnica en el tratamiento de los datos y su estimación es en virtud de la del NBER; se estiman las categorías de acumulación, tasa de ganancia y plusvalía, luego se desestacionalizan las series, se filtran en función de Hodrick-Prescott y Baxter-King, el componente cíclico se extrae según los pasos de Bry y Boschan y la curva de Spencer, se construye un indicador adelantado, coincidente y rezagado de las series a estimar. Los datos son obtenidos conforme a las cuentas

nacionales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). Los hallazgos sugieren que la plusvalía y la ganancia se adelantan dos trimestres a la acumulación, lo que da solidez a la postura teórica. Esto implica la existencia de problemas en la economía real y financiera para el caso de 2008, dos trimestres antes de que se suscite la caída en la acumulación.

El documento se estructura en cinco partes. La primera son los antecedentes donde se fundamenta el planteamiento del problema. La segunda explica la metodología convencional del NBER con enfoque por el lado de la inversión usada en México. En la tercera, se plantea el procedimiento utilizado para la estimación de las series que conforman el indicador compuesto y las series con las que se correlaciona. En la cuarta parte, se describen los principales resultados de conformidad con el enfoque de la ganancia.

ANTECEDENTES

El NBER es la institución que se encarga de estimar los ciclos económicos en Estados Unidos; tiene su origen desde 1920. Mitchel [1913], en *Business cycles*, es el pionero del análisis cíclico, posteriormente, en un trabajo conjunto con Burns y Mitchel [1946], *Measuring business cycles*, proponen un análisis cíclico con determinante en las ganancias/beneficios. Tinbergen en 1939 [1952] planteó el análisis econométrico de los ciclos y la inversión como la variable determinante. El NBER encontró su propia metodología con los trabajos de Moore y Shiskin [1967], Klein y Moore [1985], y Stock y Watson [1989, 2003], que consisten en la construcción de indicadores adelantados, coincidentes y rezagados del ciclo económico con arreglo a la inversión como eje focal.

En América Latina, la metodología más empleada es la propuesta en los documentos de trabajo del NBER y en las recomendaciones de la Organización para la Cooperación y el

Desarrollo Económico (OCDE). En Chile, los trabajos de Crispi [1993] y Bravo y Franken [2002] proponen la construcción de un indicador adelantado o líder en función del índice mensual de actividad económica, estimado por la autoridad monetaria. En México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) monitorea la dinámica del ciclo económico. La metodología que utiliza es la propuesta por la OCDE, la cual consiste en obtener los ciclos de cada componente con la aplicación del filtro de Hodrick-Prescott (HP) en series desestacionalizadas, “una para calcular la tendencia de largo plazo y así poder obtener el componente cíclico al comparar la serie desestacionalizada respecto a su tendencia” [Inegi, 2021: 3]. Los indicadores coincidentes son: el índice general de actividad económica (IGAE), índice general de actividad industrial (IMAI), ingresos al por menor, asegurados del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) que mide el empleo formal, desocupación urbana e importaciones totales. El segundo grupo son las variables adelantadas como la tendencia del empleo, momento de inversión, índice de precios al consumidor, tasa de interés e índice S&P 500.

La metodología del ciclo económico ha tenido variaciones técnicas, con la evolución de la estadística y la econometría; sin embargo, el enfoque en función de la inversión es constante. No obstante, el enfoque desde la perspectiva de la ganancia de K. Marx [(1867) 2014] y Burns y Mitchel [1946] fue poco estimado por la dificultad estadística que implica, pero la interpretación sobre las crisis tendría un significado distinto, puesto que la concepción y construcción teórica de las series del indicador de referencia y el adelantado harían referencia a la variabilidad de los beneficios.

La interpretación teórica clásica del ciclo económico es la inversión dado que se relaciona con el ciclo de los negocios, que supone la reposición del capital fijo aproximadamente cada 10 años; sin embargo, las crisis obedecen a la caída en formación de nuevo capital, que genera caída del empleo y del

consumo. La perspectiva de la ganancia tendría por objeto decir que la baja de la inversión es a causa de una baja en las ganancias, y la pérdida de dinamismo obedece a la caída en la relación en la extracción de los beneficios en la esfera de la productividad, disminuyendo la velocidad de circulación mercantil [Tapia, 2017].

De acuerdo con lo expuesto, el presente trabajo tiene como objetivo proponer una metodología para la estimación del ciclo económico desde el enfoque de las ganancias, con la finalidad de contribuir a la explicación de las crisis según el enfoque no clásico. La construcción de las series constituye la principal innovación y contribución a la disciplina económica, puesto que la explicación desde esta óptica suele ser intuitiva. Sin embargo, presenta limitaciones, los datos para la construcción de las series del indicador líder y adelantado se actualizan de manera tardía; es decir, hay un problema en la longitud de las series, lo que retrasaría la interpretación de las crisis y disminuiría su funcionalidad.

METODOLOGÍA DEL NBER

La metodología del NBER ha tenido distintas versiones. El trabajo retoma y resume la versión del 2000, y aunque hay variaciones como las recomendaciones de la OCDE “referentes al proceso de selección de variables y a su proceso de descomposición” [Chaverri y Van Patten, 2013: 8], es la que se adecua a la construcción de las series con arreglo al enfoque de la ganancia.

Los principios generales de la metodología del NBER son: importancia económica, representatividad, ajuste en los criterios estadísticos, frecuencia y longitud, series oportunas y revisiones, coherencia en su cronología, suavidad y conformidad [Chaverri y Van Patten, 2013: 10]. La selección debe provenir de fuentes confiables de información y la periodicidad debe ser homogénea, aspectos fundamentales en la estimación.

El primer proceso es la selección de la variable de referencia: es fundamental porque el resto de los indicadores serán evaluados respecto a esta. El segundo es identificar todas las series que tengan relación con la serie de referencia. Las variables que se utilizan comúnmente son el producto interno bruto, ingreso y desempleo.

Las series de tiempo seleccionadas tienen que ser estacionarias; esta metodología considera que las series son estacionarias en segundo orden; es decir, con medias y autocovarianzas que no dependen del tiempo; la mayoría de las series de tiempo económicas no satisfacen la estacionariedad, por lo tanto, deben ser transformadas.

Posteriormente, se obtiene el componente cíclico en función del filtro Hodrick-Prescott, que es una herramienta que elimina la tendencia. El filtro es igual a:

$$HP = \underset{\{g_t\}_{t=1}^T}{Min} \left\{ \sum_{t=1}^T c_t^2 + \lambda \sum_{t=1}^T [(g_t - g_{t-1}) - (g_{t-1} - g_{t-2})]^2 \right\} \quad (1),$$

donde $c_t = y_t - g_t$. El parámetro λ es un numero positivo que penaliza la variabilidad en los componentes del crecimiento. Cuanto mayor sea el valor de λ más suave es la serie de solución. Para un λ suficientemente grande, en el óptimo todos los $g_{t+1} - g_t$ deben ser arbitrarios cerca de una constante β y, por lo tanto, los g_t arbitrariamente cerca de $g_0 + \beta_t$. Esto implica que el límite de soluciones para el programa, cuando λ tiende a infinito, se ajusta por una regresión lineal de mínimos cuadrados [Hodrick y Prescott, 1997: 3]. La serie de datos mensuales utiliza el valor $\lambda = 14\ 400$; en este trabajo se ocupa $\lambda = 1\ 600$ para series trimestrales.

El filtro de Baxter y King utiliza el método de paso de banda en un rango de periodicidad de $[a, b]$, para una longitud K ; es decir, $M = m = K$ [Baxter y King, 1995: 4]. Este método puede ser ampliado con un modelo tipo *AR*. El filtro tiene un peso dado por:

$$BK = v_k = \frac{\text{sen}(kb) - \text{sen}(ka)}{k\pi} - \frac{1}{2K+1} \sum_{k=-K}^{k=K} \frac{\text{sen}(kb) - \text{sen}(ka)}{K\pi} \quad (2)$$

El filtro Baxter-King elimina las frecuencias altas y bajas, usa los filtros de paso de banda (*band pass filter*), el ciclo tiene un rango entre los 6-32 para datos trimestrales y de 18-96 para series mensuales; en ambos casos, las fluctuaciones de los periodos están comprendidas entre un rango de 1.5 y 8 años. El resultado de *BK* son series más suavizadas que con *HP*. Con las series estacionarias se procede a la detección de los puntos de giro. La idea principal de esta metodología es analizar el comportamiento de un conjunto de datos respecto a la serie de referencia; para obtener un índice compuesto, agregando series que tienen un comportamiento similar, se pueden clasificar como coincidentes, rezagadas y adelantadas.

Correlación con la variable de referencia

La metodología del NBER utiliza estadísticos de referencia que observa la correlación cruzada máxima con su retraso:

$$\rho_{1i}(k) = \frac{\text{Cov}(Z_{1t}, Z_{it-k})}{\sqrt{\text{Var}(Z_{1t}) \text{Var}(Z_{it})}}, \text{ para } i = 1, 2, \dots, N. \quad (3)$$

La correlación positiva se encuentra para k positivo, lo que indica el comportamiento principal de la serie i respecto a la serie 1. La correlación cruzada sirve para medir el grado de interdependencia de dos series, $x_1[n]$ y $x_2[n]$, de la misma longitud. Si la correlación cruzada entre la variable de referencia y cada variable $k > 1$, la serie es adelantada; por

el contrario, si $k < -1$, la serie es rezagada; pero si la correlación cruzada cumple $-1 < k < 1$, la serie es coincidente. La correlación cruzada permite distinguir el componente cíclico, los movimientos en periodos de entre 1.5 y 8 años.

Puntos de giro

La metodología del NBER consiste en un procedimiento para la detección de puntos de giro en el desarrollo de Bry y Boschan [1971]. La metodología se ha ido actualizando para series trimestrales, como es el caso de este trabajo. El procedimiento original de Bry y Boschan (BB) comienza con una media móvil de tendencia; en el caso de la metodología del NBER y las recomendaciones de la OCDE, ya se ha desvinculado por diferencia de primer orden mediante el filtro *HP* o *BK*, esa etapa se omite. La segunda consiste en la serie transformada; se aplica una media móvil de Spencer para obtener la curva del mismo nombre, la cual se define como:

$$v(L) = \frac{1}{320} \left[\begin{array}{c} 74 + 67(L + L^{-1}) + 46(L^2 + L^{-2}) \\ + 21(L^3 + L^{-3}) + 3(L^4 + L^{-4}) \\ - 5(L^5 + L^{-5}) - 6(L^6 + L^{-6}) - 3(L^7 + L^{-7}) \end{array} \right] \quad (4)$$

En ambos extremos de la serie sigue el procedimiento original, los datos se amplían asumiendo que la tasa de crecimiento de las primeras y últimas cuatro observaciones es constante en los siete periodos anteriores y los siete subsiguientes [Fiorentini y Planas, 2003: 9].

El tercer paso es la corrección de la serie estacionaria para valores atípicos. Los valores atípicos son puntos que se encuentran fuera del rango $[\bar{Z}_t - \alpha\sigma(Z_{it}), \bar{Z}_t + \alpha\sigma(Z_{it})]$ donde $\bar{Z}_t$ denota la media muestral de la primera serie y $\sigma(Z_{it})$ la desviación estándar de la muestra. Los puntos que se encuentran en la periferia de la muestra se reemplazan por

su equivalente en la curva de Spencer. Para la media móvil de Spencer, el valor atípico corregido produce una curva de Spencer con corrección de valores atípicos (*outlier*).

En el cuarto paso, se aplica una media móvil (MM); en datos mensuales es de 2×12 , en series trimestrales es 2×4 . Es necesario que todos los datos de la serie sean simétricos en la temporalidad.

En el quinto, se buscan los puntos de inflexión con media móvil (de 12 o 2 por 12) de acuerdo con el filtrado de las series, para la curva de Spencer. Los puntos de inflexión se localizan en un intervalo $[t - n \text{ término}, t + \text{término}]$ (en nuestro caso utilizamos $n = 5$ términos). El punto mínimo es de 15 meses o 5 trimestres; de acuerdo con los datos que se presenten, se pasa del pico mínimo al pico mínimo siguiente. Posteriormente, se calculan los meses de predominancia cíclica:

el retraso de un mes mínimo para el que se calcula el promedio de las desviaciones absolutas del crecimiento en el ciclo de Spencer que en el componente irregular. Luego, la serie corregida por valores atípicos se pasa a través de un promedio móvil de longitud. Se busca un nuevo conjunto de puntos de inflexión a partir de los puntos de inflexión complementarios que se han encontrado en la curva de Spencer. De nuevo, la sucesión de vueltas y la distancia mínima de $1,25 * MQ$ de pico a pico o de valle a valle son impuestas [Fiorentini y Planas, 2003: 10].

Una vez que se tienen los meses de dominio cíclico, se realiza una serie sin valores atípicos mediante el promedio de la media móvil de la longitud cíclica. Con esa información, se obtiene un segundo conjunto de puntos de giro que son los de la curva de Spencer. El tercer conjunto de puntos de giro se obtiene a través de las seis primeras y las seis últimas observaciones de la serie; en ese caso, se impone una fase de cinco meses. El último paso es la comparación de los puntos de giro con la serie de referencia para analizar los movimientos.

Clasificación y composición de los puntos de giro

Las series se clasifican en adelantada, coincidente o rezagada. Algunas pautas para definirlas son las siguientes:

1. Corroborar que la serie tenga coherencia con la serie de referencia en las frecuencias del ciclo; si no son coherentes, no tendrán manera de explicar el ciclo. Un posible rango es de 0.4.
2. Verificar el valor máximo de la correlación cruzada: las series que tengan una correlación cruzada por debajo del umbral de (0.4) deben excluirse del análisis.
3. La correlación cruzada máxima denotada por k , si es mayor a 1 ($k > 1$) la serie se clasifica como adelantada. Si $k < -1$, la serie será catalogada como rezagada. La serie será clasificada como coincidente si la máxima correlación cruzada entre la serie de referencia se encuentra en un intervalo para $-1 < k < 1$.

Se deben utilizar otros criterios para dar robustez a los criterios de clasificación:

- i. La serie de correlación cruzada máxima es coincidente si presenta un rezago medio menor a 1 en valor absoluto. La correlación cruzada máxima debe estar entre los rezagos 1 y -1 .
- ii. Las series adelantadas presentan una correlación positiva mayor a uno y un rezago medio mayor a uno.
- iii. Las series clasificadas como rezagadas obedecen a una correlación cruzada máxima que ocurre entre los rezagos menores a -1 y un rezago medio menor a -1 .

El análisis del ciclo económico propuesto concluye con la construcción de un indicador compuesto estandarizado

adelantado, que incluye las series que se adelantan con la serie de referencia.

PROPUESTA METODOLÓGICA

La propuesta metodológica se desarrolla con la técnica del NBER, pero con la construcción teórica de la crítica de la economía política. La estimación del indicador adelantado desde el enfoque teórico propuesto requiere de las siguientes acotaciones: la teoría de las crisis y el ciclo económico son la misma cosa, términos como recesión, crisis o depresión se refieren a un mismo fenómeno inherente al sistema capitalista, que se presentan con mayor o menor intensidad. La segunda, las crisis son periodos breves en los que se interrumpe la acumulación de capital, que después se restablece.

Mariña y Moseley [2001], en su documento “La tasa general de ganancia y sus determinantes en México: 1950-1999”, construyeron las categorías marxistas: plusvalía, tasa de ganancia y acumulación, con las cuentas nacionales que proporciona el Inegi. La metodología que se presenta construye de la misma forma las series.

La metodología tiene dos etapas. La primera es la construcción de las series con las categorías de plusvalor, tasa de ganancia y acumulación de capital. La segunda es el procesamiento de datos con la metodología NBER.

Primera etapa: construcción teórico-metodológica de las series

El capital variable (α) se debe distinguir entre sectores productivos y no productivos [Shaikh, 1984: 34]. El capital variable se estimó con la suma de las remuneraciones de los trabajos productivos del sector primario, manufactura y

servicios. Los servicios productivos considerados son restaurantes, servicios privados de salud y educación.

El capital constante o fijo (β) incluye a los medios de producción, insumos, maquinaria e infraestructura, para $\beta = \text{PIN} - \text{SS}$, el capital fijo es igual al producto interno neto (PIN) menos el sector servicios (SS). La tasa de plusvalía se define como el trabajo excedente que se expresa en plusproducto [Marx, 2014: 276], es la diferencia entre trabajo necesario para la producción y el trabajo realmente realizado, que da el plusproducto.

La *tasa de plusvalía* se define como:

$$\rho' = \frac{\rho}{\alpha} \quad (4)$$

donde ρ' es la tasa de plusvalía, ρ el plusvalor y α el capital variable. La masa de plusvalía P se obtiene de la resta del PIN con α , es decir:

$$P = \text{PIN} - \alpha$$

La tasa de ganancia, como la define Marx, es igual a:

$$g' = \frac{P}{c + v} \quad (5)$$

Por otra parte, la tasa de ganancia actual π' , se define como:

$$\pi' = \frac{\frac{\rho}{\alpha}}{\frac{\beta}{\alpha} + \frac{\alpha}{\alpha}} \quad (6)$$

con $\rho' = \frac{\rho}{\alpha}$ la plusvalía como parte integrante de la ganancia, β el capital constante y α el capital variable. La composición orgánica en el denominador, $\delta = \frac{\delta}{\alpha}$, se puede re-expresar:

$$g' = \frac{\rho'}{\frac{\beta}{\alpha} + 1} \quad (7)$$

La acumulación de capital es la serie de referencia que depende de la proporción de la plusvalía obtenida y la dedicada al consumo de los dueños del capital. Según las ecuaciones propuestas por Sandoval [2007: 52], la acumulación depende de la proporción de la plusvalía dedicada al consumo capitalista:

$$Cc = 1 - A, \text{ con } 0 < A < 1 \quad (8)$$

donde Cc es el consumo capitalista; 1 la plusvalía y A la acumulación. Despejando el coeficiente de acumulación, tenemos que $A = 1 - Cc$, con $0 < Cc < 1$.

Cuando la reproducción es simple, $Cc = 1$ y no existirá acumulación, ya que toda la plusvalía es parte del consumo capitalista. En este caso, el sistema continúa su reproducción a una sola escala, no hay ampliación productiva. La manifestación de las crisis comienza con periodos de reproducción simple o de nulo crecimiento, hay extracción de plusvalor, pero no acumulación. La serie del indicador de acumulación se construyó a partir de la formación bruta de capital fijo sobre la plusvalía; es un proceso más sólido que otra versión que retoma el PIB. En la reproducción ampliada, una proporción de la plusvalía se incorpora a un nuevo proceso productivo. En $A = 1 - Cc$, el consumo capitalista necesariamente debe ser inferior a 1 para que se dé el proceso de acumulación.

Las series que se construyeron son tasa de plusvalía, ganancia y acumulación, que incorporan 20 variables que corresponden a cuatro categorías económicas. La primera es sobre actividades productivas, industriales, del sector primario y algunas del sector servicios. La segunda es el comportamiento de los trabajadores respecto a empleo y remuneraciones. La tercera contiene al sector financiero, financiamiento privado no financiero (corresponde al comportamiento del sector externo) y el crédito al consumo.

Segunda etapa: técnica del NBER

El primer paso es deflactar series y estimar la tasa de ganancia, plusvalía y acumulación; posteriormente, quitar el componente estacionario. Se extrae el componente cíclico con los filtros de Hodrick y Prescott con $\lambda = 1\ 600$, el cual es el parámetro para datos trimestrales y una segunda estimación con Baxter y King. De la identificación de los puntos de giro mediante el método de Bry y Boschan se extraen los componentes de la curva de Spencer. La construcción del indicador adelantado no supone una metodología comúnmente aplicada; en ese sentido, es un acercamiento según la visión teórica de la ganancia y el valor. Se aplicó el tratamiento adecuado para cada serie y las que resultaron no significativas se eliminaron, conforme a los criterios establecidos por la metodología.

La ventaja de esta metodología, que dista de la tradicional en la construcción de un indicador adelantado desde la ganancia o acumulación, es la interpretación de las crisis económicas que obedecen a un proceso en la variación de ganancias, por lo tanto, una conclusión distinta para enfrentar la problemática. Las principales limitaciones las constituyen la construcción de las categorías de acumulación, plusvalía y ganancia con arreglo a los datos estadísticos existentes, que limitan en su periodización y percepción teórica.

La estimación de las series de referencia o índice de la acumulación de capital (IAK) se realizó para el periodo 2003-2018 con el filtro Hodrick y Prescott (HP) (véase gráfica 1a); en la gráfica 1b, se utilizó el filtro Baxter-King (BK). La diferencia sustantiva es la suavidad del filtro BK respecto del HP. La extracción de los puntos de giro bajo el procedimiento de Bry y Boschan muestra la caída de la acumulación de capital en el cuarto trimestre de 2007 y el valle de la crisis se alcanzó en el cuarto trimestre de 2009: este ciclo alcanzó mayor profundidad que en 1929.

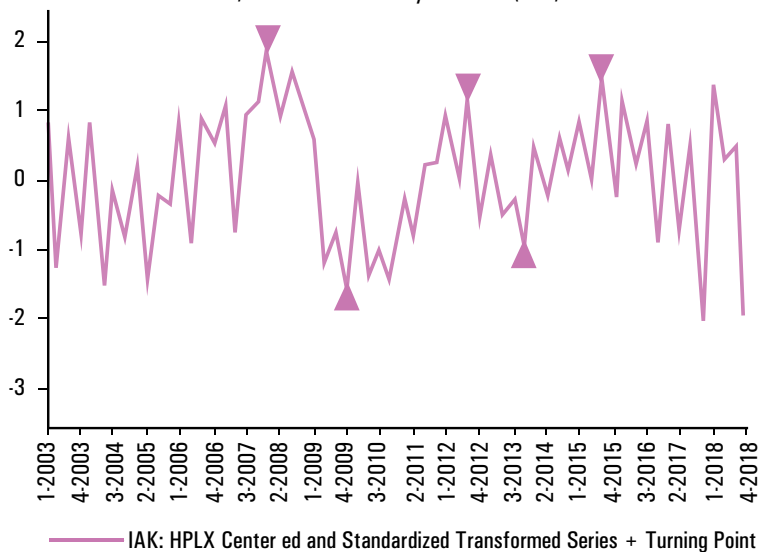
La estimación del ciclo es hasta 2018 porque algunas series no se habían actualizado hasta 2020; es decir, existió un problema en la longitud de las series. Esta forma parte de las limitaciones de la metodología mediante esta concepción teórica.

Una vez que se ha estimado el ciclo en la serie de referencia y se han obtenido los picos y valles de la acumulación de capital en México, se consiguen las series coincidentes, adelantadas y rezagadas respecto a la serie de referencia (véase gráfica 2). Las series se filtraron con el procedimiento de Baxter y King y los puntos de giro que determinan el componente cíclico con la metodología de Bry y Boschan. La serie coincidente incluye el índice general de actividad económica (IGAE), tanto total como industrial y terciario, formación bruta de capital, financiamiento al sector privado no financiero, remuneraciones totales e inversión extranjera no financiera. El IGAE está en consonancia con el estimado por el Inegi.

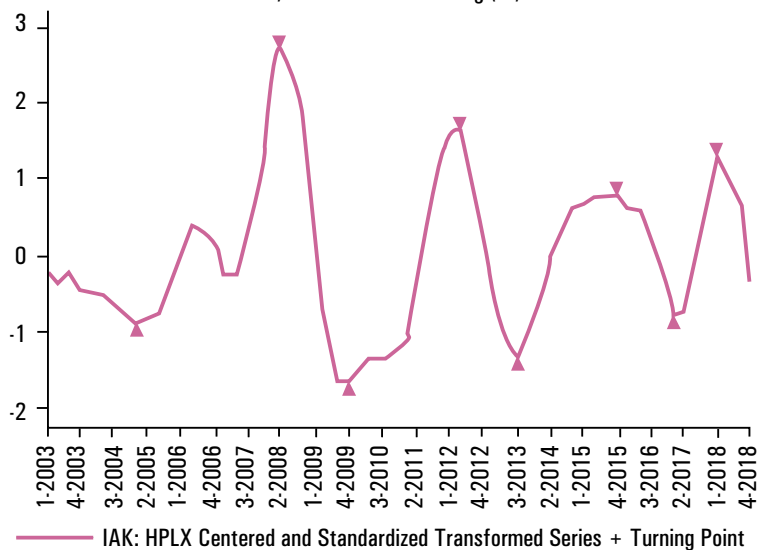
La gráfica 1 presenta los puntos de giro para el periodo 2003-2018, el más importante es la crisis de 2008-2009. La crisis comenzó en el cuarto trimestre de 2007, fecha que estableció el NBER como el inicio de la recesión y terminó en el primer trimestre de 2009, cuando se comenzó a reactivar el proceso de acumulación, el pico (*p*) se alcanzó durante el segundo trimestre de 2010. La duración de pico a pico fue de 10 trimestres o 30 meses. En la gráfica 2, resalta el comportamiento cíclico de la acumulación que tiene una tendencia a la baja desde 2008.

Gráfica 1. México. Ciclo de acumulación de capital, 2003-2018

1a) Con filtro Hodrick y Prescott (HPLX)

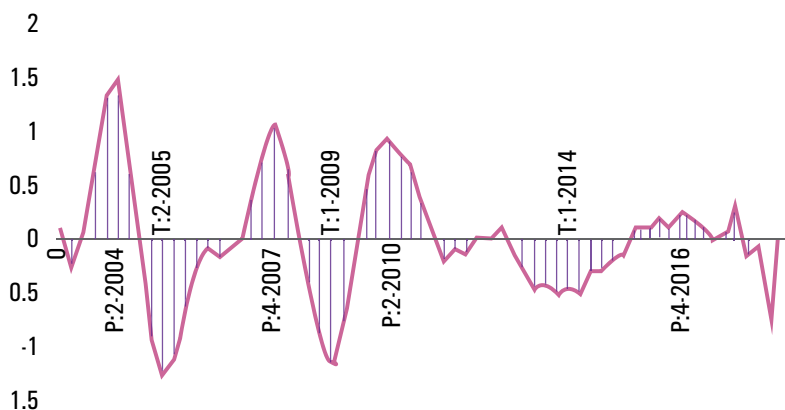


1b) Con filtro Baxter-King (BK)



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2. México. Indicador coincidente del ciclo de acumulación de capital, 2003-2008



Fuente: elaboración propia.

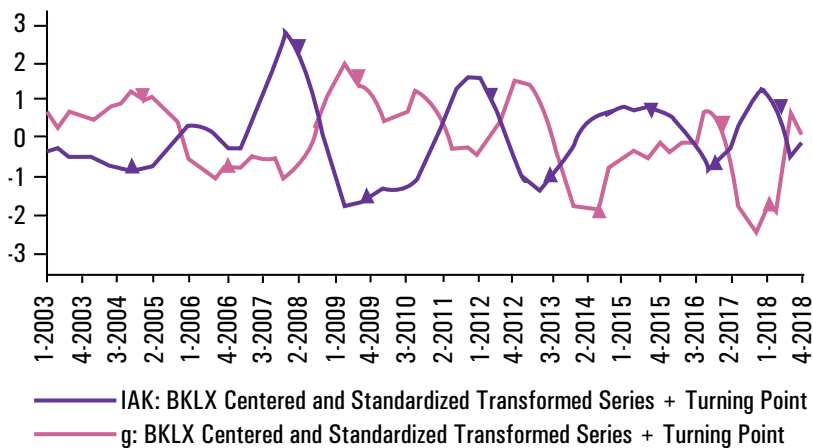
Indicador adelantado de la acumulación de capital

La gráfica 3 muestra las series ganancia, plusvalía y desempleo respecto a la serie de referencia IAK. Las series se transformaron mediante el filtro Baxter y King y con sus componentes cíclicos con el procedimiento de Bry y Boschan, representados por las flechas que marcan el pico (flecha arriba) y valle (flecha abajo).

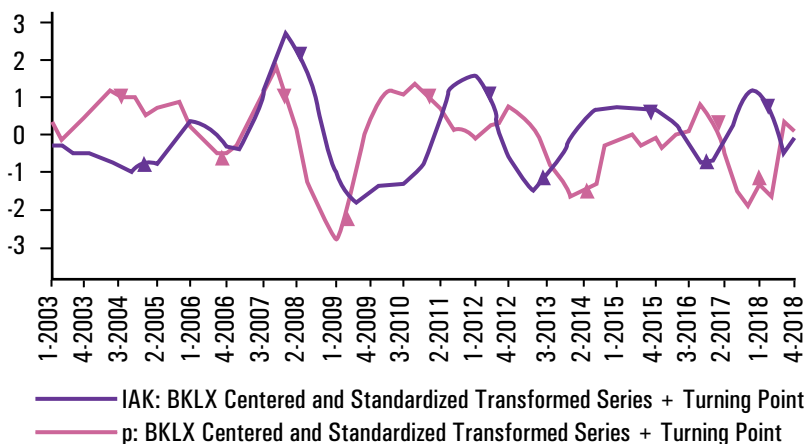
En la gráfica 3a, se presentan los puntos de inflexión entre el índice de acumulación y ganancia; se aprecia que en la crisis de 2008-2009 la tasa de ganancia comienza a perder dinamismo dos trimestres antes, de abril a junio de 2007, mientras el IAK lo hace hasta el último trimestre de ese año. La recuperación aparente de la tasa de ganancia es durante el primer trimestre de 2009, mientras que la de la IAK es en el tercer trimestre.

Gráfica 3. Puntos de inflexión del índice de acumulación de capital y otras series adelantadas

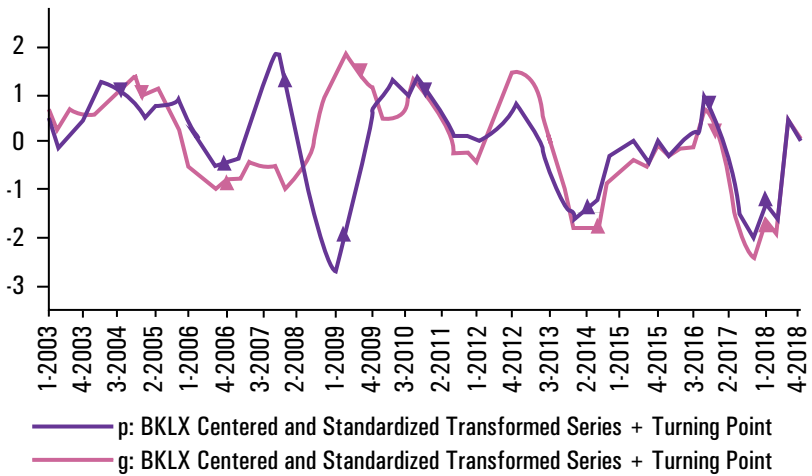
3a) Acumulación (IAK) y ganancia (g')



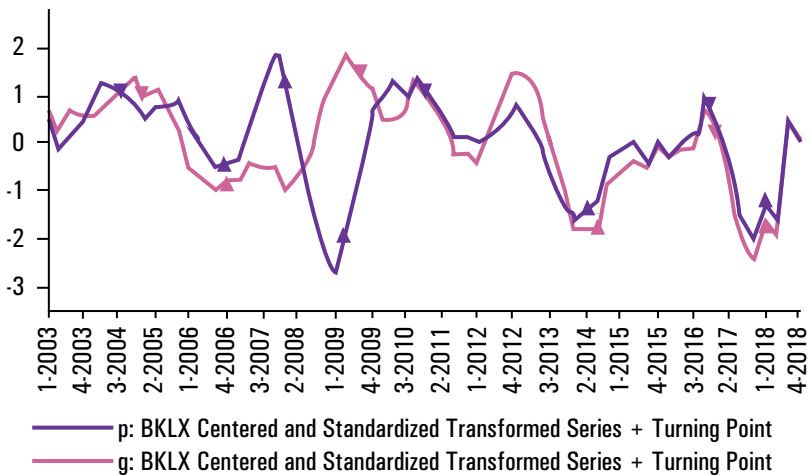
3b) IAK y plusvalía (p')



3c) Plusvalía y ganancia



3d) IAK y desempleo



Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos son congruentes con la visión del ciclo económico endógeno con base en la dinámica de la tasa de ganancia. La ganancia debe caer, porque al hacerlo señala que no hay recursos que se puedan invertir o acumular, entra en un periodo de reproducción simple con muestras recesivas, para entrar a la crisis propiamente. La reactivación de la economía también depende de la recuperación de la ganancia y la innovación en la extracción de la plusvalía.

La caída de la tasa de ganancia se entiende por una desaceleración en la extracción de plusvalía, la gráfica 3b con el IAK y la tasa de plusvalía (r') comienza a caer desde el trimestre 2 de 2007, junto con la tasa de ganancia, mientras que la acumulación lo hace hasta el trimestre 1 de 2008. La masa de la plusvalía tiende a caer porque el valor añadido a cada mercancía está disminuyendo.

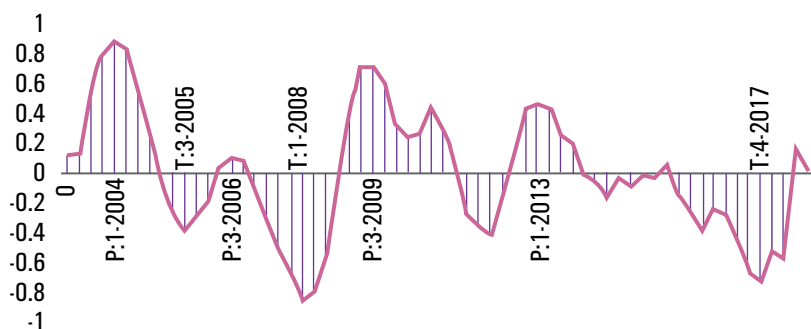
La gráfica 3d muestra la dinámica del desempleo y el IAK. El desempleo comienza su descenso en el primer trimestre de 2007, mientras que la acumulación lo hace en el trimestre 4 de ese año; una vez que aumentan los niveles de desempleo, caen la masa de plusvalía y la tasa de ganancia, que se refleja en el descenso de la acumulación.

Los resultados obtenidos son congruentes con la hipótesis marxista de que lo que determina el ciclo económico es la obtención de la ganancia y no la falta de inversión, aunque en un efecto adherente lo que determina el ciclo es el enfoque de la ganancia. En el caso del desempleo, se incrementa durante la recesión y se profundiza con la crisis. El desempleo como serie adelantada coincide con la estimación del Inegi.

En la gráfica 4, se observa la curva con el indicador compuesto adelantado del índice de la acumulación de capital en México, con sus componentes cíclicos. Las series que incluye el indicador son desempleo, tasa de ganancia, tasa de plusvalía, indicador mensual de actividad industrial e índice de financiarización. La crítica de la economía política supone que la tasa de ganancia tiende al descenso, gracias a que se genera

menor cantidad de plusvalor, que se extrae de los trabajadores productivos. En ese sentido, se adelanta el índice de actividad industrial, el indicador es congruente con la visión teórica adoptada.

Gráfica 4. México. Indicador adelantado del ciclo de acumulación de capital, 2003-2008



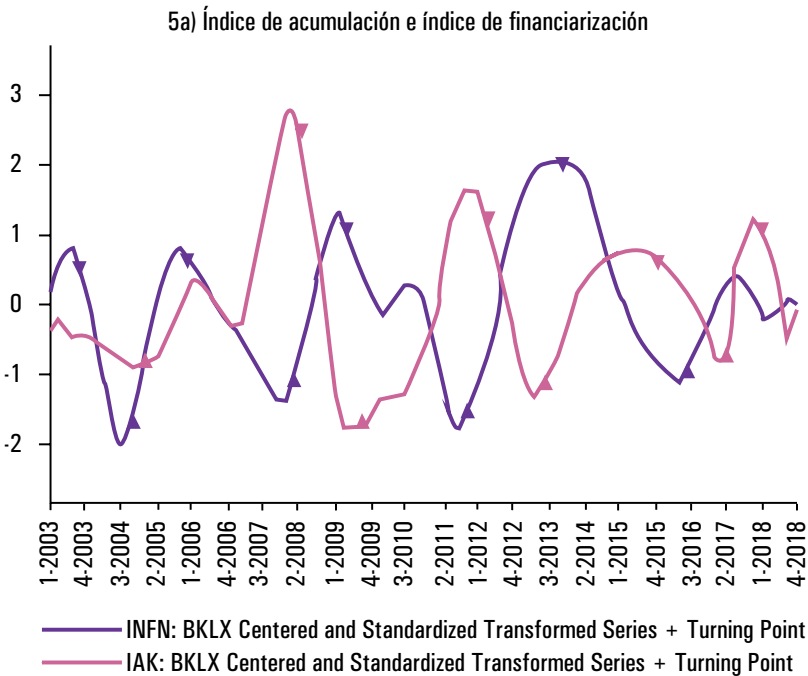
Fuente: elaboración propia.

El indicador adelantado de la gráfica 5 representa el componente cíclico de las series que la conforman; en el trimestre 1 de 2007 comenzó su caída, mientras que la acumulación de capital lo hizo hasta fines de 2007 y el primer trimestre de 2008, “el comité de fechado del ciclo de negocios del NBER declaró que la crisis financiera de 2007-2009 surgió oficialmente en diciembre de 2007 y terminó en junio de 2009” [Sánchez, 2021: 56]. El fechado del NBER coincide con el indicador adelantado y el índice de acumulación capitalista. La gráfica 5a representa los movimientos que tiene el índice de financierización como parte del indicador compuesto adelantado. Este índice tiene su valle en el tercer trimestre de 2007, la recuperación comienza en el primer trimestre de 2009, en tanto que la acumulación lo hizo hasta el trimestre 3 de ese año.

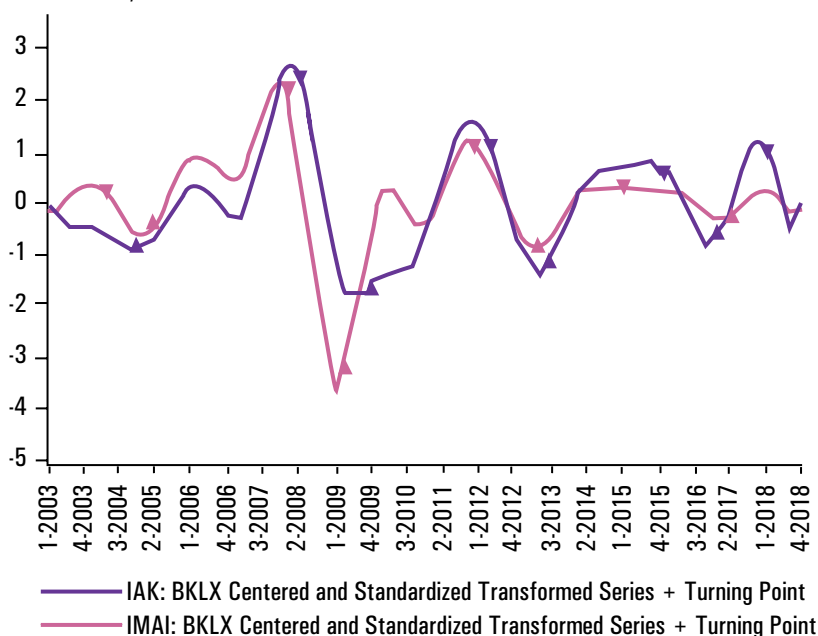
En la gráfica 5b, el índice mensual de actividad industrial (IMAI) respecto al IAK en la crisis de 2008-2009, la actividad

industrial muestra un movimiento sincrónico, pero se adelanta por un trimestre, el IMAI comenzó su periodo de recesión en el tercer trimestre de 2007, mientras que el IAK lo hizo en el trimestre 4. El periodo de expansión comenzó en el trimestre 4 de 2008, y en el primer trimestre de 2009 la acumulación de capital lo hizo hasta el trimestre 3 de 2009. La crítica de la economía política atribuye este comportamiento al proceso de generación de valor, reposición del capital fijo y pérdida en el dinamismo de la plusvalía, que son generados en la producción y se trasladan al resto de las actividades económicas.

Gráfica 5. Puntos de inflexión del índice de acumulación de capital y otras series adelantadas



5b) Índice de acumulación e índice de mensual de actividad industrial

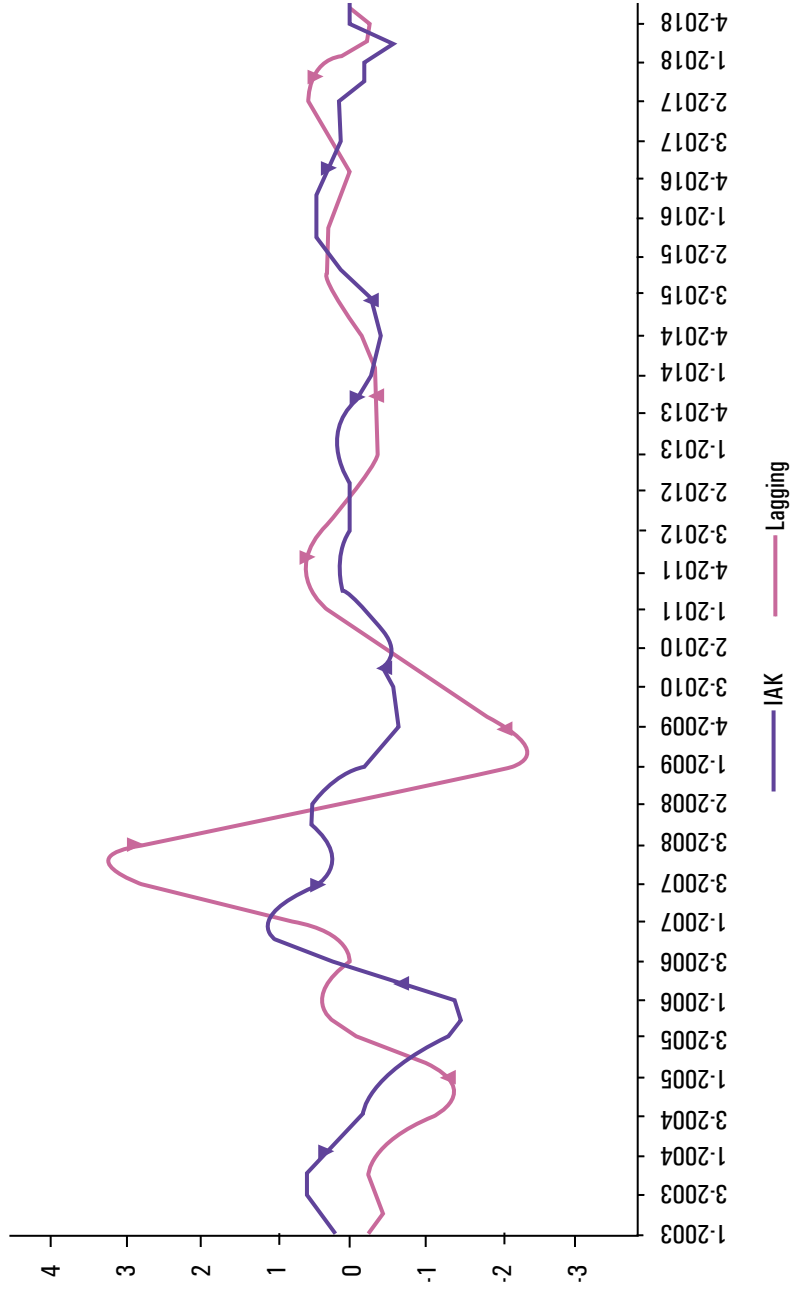


Fuente: elaboración propia.

Indicador rezagado de la acumulación de capital

La gráfica 6 muestra el indicador compuesto rezagado y la serie de referencia IAK; la característica principal del indicador es la de responder con desfase a los puntos de inflexión a los del resto de la economía, con lo que se advierte el posible comportamiento de las series que conforman el indicador rezagado.

Gráfica 6. Puntos de inflexión del indicador rezagado respecto al índice de acumulación de capital



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

El documento presentó la metodología y el análisis descriptivo sobre el ciclo de la acumulación de capital, en particular sobre la construcción del indicador adelantado, compuesto por las siguientes series: desempleo, tasa de ganancia, tasa de plusvalía, indicador mensual de actividad industrial e índice de financiarización. El comportamiento del indicador adelantado cumple con el enfoque teórico de la crítica de la economía política; también con las características de la metodología del NBER que dan robustez al indicador. Por lo que la construcción de las series del indicador adelantado y de acumulación logra describir la dinámica económica capitalista. La metodología puede mejorarse e incorporar otras series de tiempo que influyen en el proceso de acumulación.

La construcción del indicador adelantado de la acumulación de capital consistió en un reto en la obtención de las series para su estimación; dado que algunos componentes que determinan la tasa de ganancia y plusvalía aún no se encuentran completas hasta 2020, será parte de otro trabajo observar el comportamiento de la acumulación durante la crisis de covid-19, referente a plusvalía, empleo y remuneraciones.

El trabajo desarrollado aun con los retos de la construcción estadística presenta avances sobre el diseño metodológico en función del planteamiento estadístico del NBER; es prudente seguir investigando sobre otras formas de análisis el ciclo económico desde la óptica de la acumulación de capital, pues da una interpretación distinta a la convencional que se basa en el análisis de la inversión, el consumo y el empleo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aréchiga, U. [1979], “La producción nacional de plusvalía en México”, en Karl Marx, *El capital. Teoría, estructura y método*, vol. 3, selecc. y pról. de López Díaz, P., México, Ediciones de Cultura Popular.
- Baxter, M. y R. King [1995], *Measuring business cycles approximate band-pass filters for economic time series*, National Bureau of Economic Research, working paper series 5022, Cambridge, recuperado de <<https://cutt.ly/IwuY4PQs>>.
- Bravo, F. y H. Franken [2002], “Un indicador líder del Imacec”, *Revista de Análisis Económico*, vol. 17, núm. 1: 103-124, recuperado de <[16-77-1-PB.pdf](https://www.uahurtado.cl/16-77-1-PB.pdf) (uahurtado.cl)>.
- Bry, G. y C. Boschan [1971], *Cyclical analysis of economic time series: selected procedures and computer programs*, NBER: 64-150.
- Burns, A. F. y W. C. Mitchell [1946], *Measuring business cycles*, Nueva York, NBER.
- Chaverri, C. y D. Van Patten [2013], *Diseño de un indicador adelantado para la actividad económica de Costa Rica*, Costa Rica, Banco Central de Costa Rica.
- Crispi, J. A. [1993], *Indicadores líderes en Chile diseño y extracción de señales*, Chile, República de Chile, recuperado de <[Indicadores Lideres.pdf](https://dipres.gob.cl/Indicadores%20Lideres.pdf) (dipres.gob.cl)>.
- Fiorentini, G. y C. Planas [2003], *Busy program. User manual. Tools and practices for business cycle, Analysis in European Union*. EC Fifth Framework Program SCA Project IST-1999-12654.
- Gordon, R. A [1961], *Business fluctuations*, 2a ed., Nueva York, Harper.
- Hodrick, R. y E. Prescott [1997], “Postwar U.S. business cycles: an empirical investigation”, *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 29, núm. 1: 1-16, recuperado de <<https://cutt.ly/cwuY5aeJ>>.

- Inegi [2021], Interpretación del reloj de los ciclos económicos de México, Interpretación del reloj de los ciclos económicos de México.
- Jiménez, L. [2017], *Acumulación de capital en México: 1980-2014. Un enfoque desde la tasa de ganancia, tasa de interés y flujo de capitales*, tesis doctoral, México, UNAM.
- Kalecki, M. [1990], *Collected works*, volume 1. *Capitalism: business cycles and full employment*, comp, J. Osiatinsky K., trad. A. K. Kisiels, Oxford, Clarendon Press.
- Klein, P. A. y G. H. Moore [1985], “Monitoring growth cycles in market-oriented countries: developing and using international economic indicators”, recuperado de <<https://goo.su/nfZtejQ>>.
- Mariña, A. y F. Moseley [2001], “La tasa general de ganancia y sus determinantes en México: 1950-1999”, *Economía, Teoría y Práctica*, nueva época, núm. 15: 37-65.
- Martínez, G., A. Valle y C. Sánchez [2019], “Productividad y tasa de plusvalor a nivel internacional: evaluación empírica”, *Problemas del Desarrollo*, México, IIEC-UNAM, 50 (196): 27-53, enero-marzo.
- Marx, K. [(1867) 2014], *El capital. Contribución a la crítica de la economía política*, t. I, México, Siglo XXI.
- Mitchel, W. [1913], *Business cycles*, Berkeley, University of California Press, recuperado de <<https://bit.ly/41E0BuV>>.
- Moore, G. H. y J. Shiskin [1967], *Indicators of business expansions and contractions*, Nueva York, National Bureau of Economic Research/Columbia University Press, recuperado de <<https://cutt.ly/qwfdJEuW>>.
- Roberts, M. [2016], *La larga depresión. Cómo ocurrió, por qué ocurrió y qué ocurrirá a continuación*, Barcelona, El Viejo Topo.
- Sánchez Vargas, A. y J. M. Márquez Estrada [2021], “La covid-19 y el desempeño de la economía norteamericana durante 2021”, *Economía UNAM*, vol. 18, núm. 52, enero-abril, recuperado de <<https://bit.ly/3nd0oQs>>.

- Sandoval, J. [2007], *Notas sobre el crecimiento económico*, tesis doctoral, México, UNAM.
- Shaikh, A. [1984], “Cuentas de ingreso nacional y categorías marxistas”, *Economía, Teoría y Práctica*, núm. 4: 3-57.
- Stock, J. H. y M. W. Watson [2003], “Has the Business Cycle Changed? Evidence and explanations”, Monetary Policy and Uncertainty Symposium, Federal Reserve Bank of Kansas City, Jackson Hole, <<https://acortar.link/CqzrFh>>.
- [1989], “New indexes of coincident and leading economic indicators”, en O. Blanchard, y S. Fischer, *NBER Macroeconomics annual 1989*, vol. 4, recuperado de <<https://bit.ly/427p77v>>.
- Tapia, J. A. [2017], *Rentabilidad, inversión y crisis. Teorías económicas y datos empíricos*, Madrid, Maía Ediciones.
- Tinbergen, Jan [(1939) 1952], *On the theory of economic policy*, Amsterdam, North-Holland Publishing Company.
- Valenzuela, F. [1993], “Tasa de plusvalía: nivel y determinantes”, *Investigación Económica*, 53 (206): 233-253, octubre-diciembre.

3. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SOCIAL: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EFICIENTAR LA POLÍTICA PÚBLICA

José Arturo Cerón Vargas
Fernando Muñoz Alonso

INTRODUCCIÓN

Una preocupación constante de los gobiernos ha sido que sus ciudadanos accedan a las condiciones necesarias para lograr entre ellos mejores condiciones de vida de una sociedad. El término “desarrollo” no ha sido definido nunca en forma exacta y, por lo tanto, no existe consenso entre los científicos sociales acerca de su significado. Sin embargo, la idea central que predomina en los intentos de definirlo podría expresarse si se le considerara como un proceso mediante (y durante) el cual se mejora la calidad de vida de la sociedad; es decir, como un mejoramiento en el bienestar social [Carrillo *et al.*, 2007].¹ Con base en esta definición, se aceptaría entonces que el desarrollo económico es sinónimo de un mejoramiento en el bienestar económico de la sociedad. Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre desarrollo económico no considera esa identidad de conceptos, no obstante que ambos, según se

¹ Si se acepta esta definición y la validez de una separación (con fines analíticos) de los fenómenos sociales, se desprende que el desarrollo social incluye tanto el económico como el político, el ambiental y el cultural en general, por lo que su campo es más amplio de lo que usualmente se supone.

afirma, deben basarse en el estudio del comportamiento de variables sobre todo económicas y que, por lo tanto, pueden ser estudiados mediante el análisis económico.

Gran parte de los estudios sobre desarrollo económico incluyen el análisis de sólo algunas variables económicas. Como lo mencionan Carrillo *et al.* [2007], esto se debe a: 1) que el estudio del bienestar dentro del análisis económico actual se basa en variables tan complejas que se hace difícil en la mayoría de los casos identificar mejoramientos en su nivel dentro de la sociedad y/o 2) que existe algún principio, implícito en los estudios del desarrollo económico, con base en el cual se supone que los resultados del análisis no se alteran mucho, cuando en vez de estudiar todas las variables económicas se estudian sólo las (en apariencia) más relevantes.²

En ese sentido, su contraparte, la pobreza, ha surgido como un obstáculo a la consecución de dicho fin. Sin pretender ahondar en la concepción epistemológica de esta, dado que tiene múltiples concepciones y enfoques, así como una dimensión temporal e histórica en donde convergen diferentes conceptos de privación y/o negación, relacionadas con las condiciones materiales, económicas y sociales que prevalecen entre la población [Giménez y Valente, 2016]. Sen [2000], por ejemplo, la concibe como la privación de capacidades y no sólo como una condición derivada de ingresos bajos.³ En esa

² Una revisión rápida de los libros de texto sobre desarrollo económico muestra que la segunda razón es la que en apariencia predomina, ya que en ellos la definición más común de desarrollo económico es la que lo considera como el proceso mediante el cual una economía experimenta un aumento en el ingreso nacional real *per cápita* durante un largo periodo de tiempo. Aquí se considera un proceso, pero se incluye sólo una variable económica: el ingreso real. Sin embargo, estos libros carecen de una explicación formal concreta del principio que justifica la selección de solamente alguna(s) variable(s) en particular cuando se requiere estudiar un proceso que involucra un gran número de ellas.

³ En el mismo sentido, agrega Sen [2000] que: “si bien la prosperidad económica y la situación demográfica favorable fomentan el bienestar y la libertad de una sociedad, no es menos cierto que mayor educación, prevención y atención sanitaria y otros factores similares afectan las auténticas libertades de que disfruta la población”.

tónica, la Iniciativa sobre Pobreza y Desarrollo Humano de Oxford (OPHI) propone que: “la pobreza no es sólo una cuestión de ingresos y para medirla es necesario tomar en cuenta otras variables” [PNUD, 2014]. México se encuentra actualmente en un proceso fundamental de cambio de visión de política pública, al pasar de un enfoque de política social basado en programas focalizados (con el llamado modelo neoliberal) a un modelo de bienestar social de plena garantía y acceso a derechos sociales en la búsqueda por alcanzar el bienestar y la calidad de vida de la sociedad.

A pesar de que la política social de enfoque neoliberal por más de 25 años en la Ciudad de México ha logrado avances significativos en el reconocimiento e instrumentación de políticas públicas hacia la garantía de los derechos sociales y los derechos humanos fundamentales; sobre todo en las administraciones de los gobiernos del entonces Distrito Federal, ahora gobierno de la Ciudad de México, tras la entrada en vigencia de la Constitución de esta entidad federativa de México en 2017, de los años 2000 a 2012. El reto de la consolidación de una política de bienestar social se ha apuntalado de forma significativa en los últimos tres años con la entrada en vigor de la Constitución Política de la Ciudad de México. Por ello, analizar, medir y evaluar políticas públicas, en particular las que permitan edificar un sistema de garantías hacia el logro de la calidad de vida de los habitantes de la Ciudad de México y con ello generar las condiciones en la entidad para lograr una sociedad de bienestar y desarrollo social en sus habitantes, es una tarea fundamental que la nueva perspectiva de política pública involucre un proceso de desarrollo muy amplio e incluyente.

Las políticas públicas y estrategias para alcanzar un pleno desarrollo social deben proporcionar a los habitantes de la Ciudad de México esquemas para la construcción del modelo de bienestar social para el ejercicio pleno de sus derechos sociales. Estas políticas públicas tienen como importante tarea

dar respuesta y soluciones en el corto, mediano y largo plazos a las siguientes preguntas: ¿cómo romper el círculo de la reproducción de la pobreza?, ¿qué políticas públicas pueden encaminar a la reducción de las carencias sociales?, ¿cómo instituir políticas públicas que reduzcan las brechas de desigualdad que genera el actual modelo económico en México?, ¿qué mecanismos y modelos lograrían que la política económica y la política social sean compatibles para generar la igualdad y equidad que los habitantes de la Ciudad de México reclaman?

Bajo este panorama planteado, es importante mencionar que la desigualdad económica, la pobreza y la movilidad social son fenómenos sociales y económicos estrechamente relacionados. La relación que existe entre estos importantes conceptos se da ante todo cuando el desarrollo económico, social y humano busca priorizar la atención a la población con mayor grado de vulnerabilidad social, por lo que es muy factible que se presente pobreza y desigualdad.⁴

A lo largo del tiempo, se ha intentado medir el bienestar social, surgiendo con ello distintos enfoques para su concepción. Primero, se propuso su medición basada en el producto interno bruto (PIB), pero esto resultó subjetivo para los fines. Por ello, se buscó incluir otros factores que lograran captar las dimensiones relacionadas con la vida humana, dando paso a la multidimensionalidad del concepto basado en indicadores, como los que ahora refiere el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval). El mayor avance sobre mediciones respecto al bienestar social fueron las realizadas en su momento por el Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México, que desarrolló

⁴ Es decir, cuando en las sociedades se presenta poca movilidad social, tenderán a reproducirse y perpetuarse la pobreza y la desigualdad. Las sociedades más injustas son aquellas en las que el acceso a la educación, a la salud y al empleo es limitado e implica la existencia de mecanismos persistentes de exclusión social. Esto genera una dinámica perniciosa que no sólo obstaculiza el crecimiento económico, sino que también es causa de conflictos sociales que impiden alcanzar el bienestar social.

tanto la metodología y el ejercicio de medición del índice de desarrollo social (IDS-CDMX) y el índice de bienestar social (IBS-CDMX); estos indicadores principales tuvieron como objetivo fundamental medir en términos generales el grado de avance en el logro de la calidad de vida y las condiciones sociales de la población en la Ciudad de México.

Sin embargo, estos no incluyen algunas características sociales que son de suma importancia para tratar de representar la vulnerabilidad de la población. Por ello, en el presente artículo de investigación se presentan y proponen la metodología y los resultados del índice de vulnerabilidad social para México que integra los aspectos sociales relacionados con el ingreso, educación, salud, alimentación y la no discriminación. Este indicador tiene el objetivo de apoyar a identificar elementos de política pública y ser una herramienta para desarrollar estrategias, políticas y acciones de bienestar social en México, en el actual entorno de desarrollo.

En la primera sección, se describe el marco de referencia en el cual se destacan algunas consideraciones teóricas relevantes, entre ellas el concepto del bienestar social y la pertinencia de su construcción como un concepto con enfoque multidimensional que considera factores como ingreso, educación, salud, alimentación, empleo, felicidad y medio ambiente.⁵

En la segunda sección, por una parte se analiza el contexto económico en el marco de la pandemia por covid-19, en el que resaltan las primeras estimaciones que han emitido el Fondo Monetario Internacional y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) sobre su incidencia en el crecimiento del PIB, y se destaca el efecto en el entorno económico de México y el desempeño de varios sectores de la actividad industrial. Por otra parte, se describe la situación

⁵ Por otra parte, se destaca la diferencia entre este concepto y el de desarrollo social. Finalmente, esta sección aborda la creación y utilidad del índice de desarrollo social de la Ciudad de México y el índice de bienestar social de la Ciudad de México.

de la pobreza multidimensional en México a lo largo de su evolución, la medición del porcentaje de la población vulnerable por carencias sociales y su localización por estados. En último término, se describen tanto los programas sociales que han sido puestos en marcha para disminuir la pobreza; sobre todo destacan aquellos que tiene el Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF) a fin de garantizar el acceso a la alimentación, así como los programas que operan con recursos distintos al Ramo 33.

En la tercera sección, se describe el indicador para la identificación de la vulnerabilidad social y se enfatizan las variables que consideran: ingreso, población adulta mayor, población infantil, población de autodescripción indígena, población con alguna discapacidad y, finalmente, población habitante en localidades rurales. El objetivo de esta sección es destacar cómo este indicador aborda la vulnerabilidad desde una perspectiva más integral, ya que incorpora variables adicionales a la carencia alimentaria. En la quinta sección, se muestran los resultados del cálculo del índice de vulnerabilidad social respecto a la identificación del grado de vulnerabilidad de las entidades en función de las características de su población.

Para concluir, se subraya la aportación de esta metodología en la estimación de la vulnerabilidad social y las diferencias conceptuales que existen del indicador de bienestar social como instrumento para medir la calidad de vida, y el índice de vulnerabilidad social que toma la pobreza y la fragilidad de la población que se encuentra en este rango y que es una herramienta para identificar elementos de política pública para el desarrollo de estrategias, políticas y acciones.

MARCO DE REFERENCIA

El bienestar social es un conjunto de factores materiales e inmateriales que una sociedad considera deseables para cada uno de los individuos que la conforman [Consejo de Evaluación

del Desarrollo Social de la Ciudad, 2018]. Dentro de su peculiaridad, el bienestar social se asocia exclusivamente con la riqueza y, por lo tanto, para un país es deseable alcanzar mayores tasas de crecimiento económico [Shearer, 1985]. Por lo tanto, si un crecimiento económico implicaba un mayor bienestar económico, era preciso contar con datos como el PIB [Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad, 2018]. De ahí que para medir el bienestar fuera necesario expresar el PIB en términos *per cápita* [Cárdenas, 2008].

No obstante, al no ser el PIB *per cápita* un instrumento para medir la situación de la mayoría de la población [Stiglitz *et al.*, 2009], y tomando la aportación del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) para definir la calidad de vida como el criterio fundamental para medir el progreso [PNUD, 2006], era necesario considerar otros factores relevantes.

En la búsqueda para la precisión de la medición del bienestar, se abrió paso a los indicadores sociales bajo el enfoque de otras dimensiones de la vida humana [Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad, 2018].⁶ Además, dados los avances en su medición, era inherente focalizar este concepto a un enfoque multidimensional donde se involucren factores como ingreso, educación, salud, alimentación, empleo, felicidad y medio ambiente, por mencionar algunos [Martínez *et al.*, 2016].

En México, el Coneval dio a conocer en 2009 la medición multidimensional de la pobreza [Evalúa-DF, 2016], en la cual ofrecía un enfoque basado, por un lado, en el sentido monetario y, por otro, en un sentido de privación social. Este último, considera indicadores como rezago educativo promedio en los integrantes del hogar, acceso a los servicios de salud,

⁶ Los primeros propuestos fueron el índice de calidad de vida física (icvf) [Morris, 1979], después el índice de desarrollo humano (idh), el índice de pobreza humana para países en desarrollo (iph-1) y para países miembros de la ocde (iph-2), y el índice de felicidad planetaria (ifp).

a la seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, a los servicios básicos en la vivienda, a la alimentación [Coneval, 2019].

En lo que se refiere al bienestar, el primer antecedente es el índice de bienestar social municipal construido a partir del censo poblacional de 1980 y el censo económico de 1985, estimado con el método de componentes principales. Este índice se tomó como referencia para identificar áreas con mayores necesidades, además de convertirse en una herramienta para la planificación más equitativa de la salud [Ochoa *et al.*, 1996].

De esta manera, el índice de bienestar social considera dos tipos de indicadores: objetivos y subjetivos. Los primeros incluyen educación, empleo, salud, ingreso, alimentación y vivienda. Mientras que los subjetivos se refieren a las percepciones de los individuos sobre sus condiciones de vida y suelen ser medidos en términos de felicidad y satisfacción de la vida [Evalúa-DF, 2016].⁷ Actualmente, se cuenta con dos indicadores de suma importancia para la identificación de las condiciones sociales de la población: el índice de desarrollo social de la Ciudad de México (IDS-CDMX) y el índice de bienestar social de la Ciudad de México.

Por un lado, el IDS-CDMX a partir de 2016 se utiliza como herramienta de planeación de la política de desarrollo social, bajo un enfoque de derechos sociales universales a fin de conocer las condiciones de desarrollo social y su estructura territorial en sus diferentes escalas (ciudad, alcaldía, colonia y manzana). Dicho índice tiene como objetivo contar con información actualizada, pertinente y detallada para enfocar las estrategias, programas y acciones de política pública. Las variables o dimensiones que lo incluyen son: 1) calidad y espacio disponible de la vivienda; 2) acceso a salud; 3) acceso a seguridad social; 4) acceso educativo; 5) acceso a bienes

⁷ Por otro lado, el desarrollo social, en cierta forma, sería el resultado de la mejora de los índices colectivos de bienestar como esperanza de vida, mortalidad infantil, ingreso disponible, ingesta calórica o acceso a servicios sociales [Uribe, 2004].

durables; 6) adecuación sanitaria; 7) adecuación energética; 8) acceso a la alimentación; y 9) acceso a la conectividad.

Otro indicador es el índice de bienestar social de la Ciudad de México que se utiliza como herramienta para diseñar programas o acciones de gobierno que permitan mejorar las condiciones de vida de la población. Se calcula mediante la “Encuesta de medición a nivel hogar del bienestar social en la Ciudad de México” y es representativa por toda la Ciudad de México y por alcaldía. Las variables que incluye son: 1) indicadores subjetivos: educación, empleo, salud, ingreso, alimentación y condiciones del hogar; 2) indicadores objetivos: satisfacción con la vida y felicidad; 3) cohesión social; 4) uso de la tecnología; 5) acceso a la cultura y recreación; y 6) calidad del entorno físico.

Estos indicadores multidimensionales son a escala microrregión (municipios/colonias/manzanas) y, como se comentó, identifican las condiciones sociales de la población. Es importante recalcar que, derivada de la emergencia sanitaria por covid-19 decretada en el país, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) se vio obligado, durante el primer trimestre del año, a tomar medidas extraordinarias, entre ellas: *i)* postergar hasta nuevo aviso todas las encuestas que involucran la interacción cara a cara (entre ellas la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares, ENIGH) y, *ii)* aplicar el levantamiento de información de datos por internet, teléfono y plataformas digitales para continuar la generación de información económica incluyendo el Censo de Población y Vivienda 2020, el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), encuestas económicas y cuentas nacionales.

En consecuencia, la emergencia sanitaria actual influirá en los resultados de la información estadística que elabore el Inegi. Además, la ausencia de información durante el periodo de postergación de las encuestas en hogares podría afectar la calidad de esta (mayor tasa de no respuesta) y, por tanto, la comparabilidad con las series históricas, o la pérdida de cobertura

y de precisión de los instrumentos. De este modo, resulta relevante considerar la posibilidad de emplear (adicionalmente a los datos oficiales del Inegi) información administrativa de las propias entidades (en este caso el Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia, SNDIF) con el fin de robustecer las estadísticas que en su momento sean proporcionadas y difundidas por el Inegi y, con ello, fomentar el diseño de políticas públicas basadas en evidencias.

CONTEXTO ECONÓMICO EN EL MARCO DE LA PANDEMIA POR COVID-19

Se desconoce el efecto de la covid-19 en todo el mundo, pero las primeras estimaciones de la economía internacional son preocupantes, como se observa en el cuadro 1. Según el Fondo Monetario Internacional (FMI), se espera una caída de 6.6 % en el crecimiento económico del país, caída más pronunciada en comparación con la de América Latina en conjunto. La economía mundial estaría mostrando un dato también negativo del orden de 3.3 %, mientras que el país vecino del norte, Estados Unidos, mostraría una caída de -5.9 por ciento.

**Cuadro 1. Crecimiento del PIB, 2019-2021, según el FMI:
países seleccionados (porcentaje)**

Región	2019	2020	2021
Mundial	2.9	-3.0	5.8
Estados Unidos	2.3	-5.9	4.7
China	6.1	1.2	9.2
Eurozona	1.2	-7.5	4.7
América Latina	0.1	-5.2	3.4
México	-0.1	-6.6	3.0

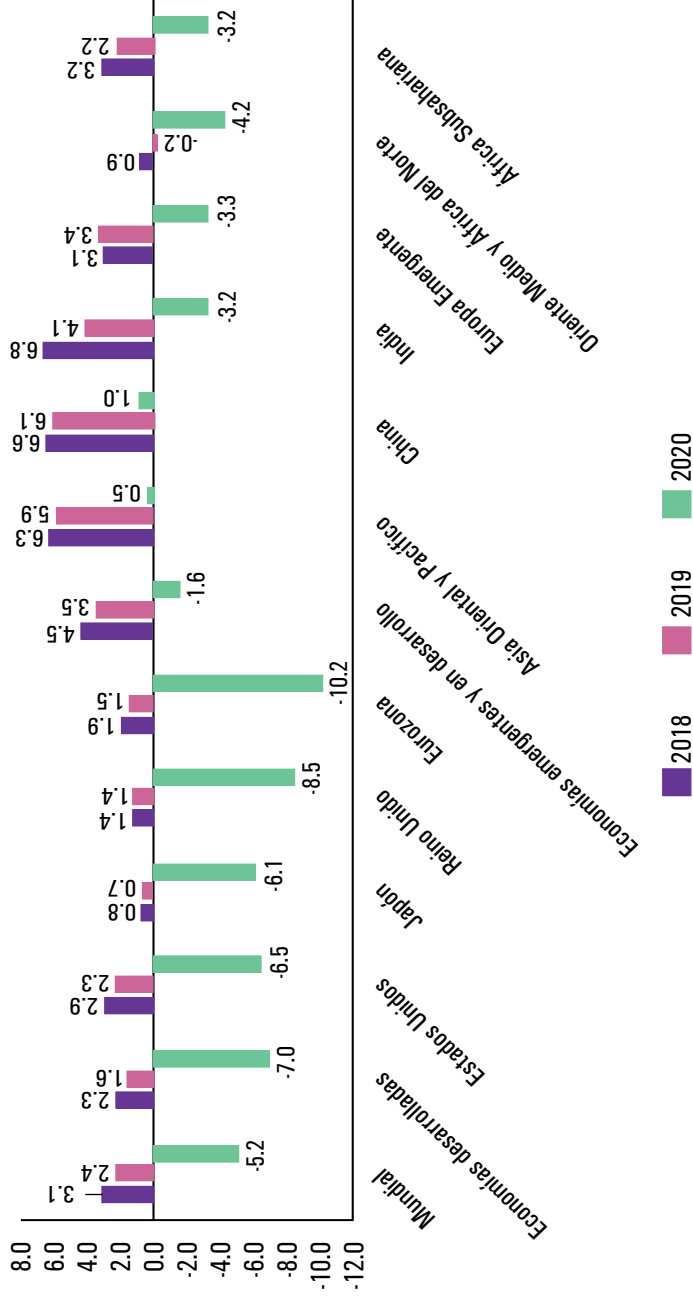
Fuente: elaboración con datos del Fondo Monetario Internacional.

Por su parte, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) muestra un panorama aún más desalentador (véase gráfica 1) en donde, a diferencia de China y la región de Asia Oriental y el Pacífico, el resto de los países tiene una disminución en su producto interno bruto (PIB). De manera particular, en México la economía ya presentaba signos de fragilidad al inicio de la irrupción de la covid-19. Durante 2019, la economía registraba una contracción de -0.1 provocada por la desaceleración de la actividad económica agregada [Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2020],⁸ lo que trae aparejada la inestabilidad del crecimiento económico, misma que viene a afectar la calidad de vida de la población [PNUD, 2020]. Lo anterior justifica el descenso pronunciado en la economía de las regiones del mundo (véase cuadro 1) ante la pandemia, que durante la misma, en gran medida todas las ramas de la industria han tenido caídas significativas (véase gráfica 2), a excepción de los servicios relacionados con la fabricación de accesorios y aparatos eléctricos; minería de minerales metálicos y no metálicos; y fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón.

Las industrias que mostraron una caída abrupta fueron la fabricación de prendas de vestir y la construcción, al igual que otros sectores pertenecientes a las actividades económicas secundarias y terciarias, efectos derivados del confinamiento por la pandemia de covid-19 y de las medidas de prevención por las que se optó durante la pandemia tanto a escala nacional como internacional.

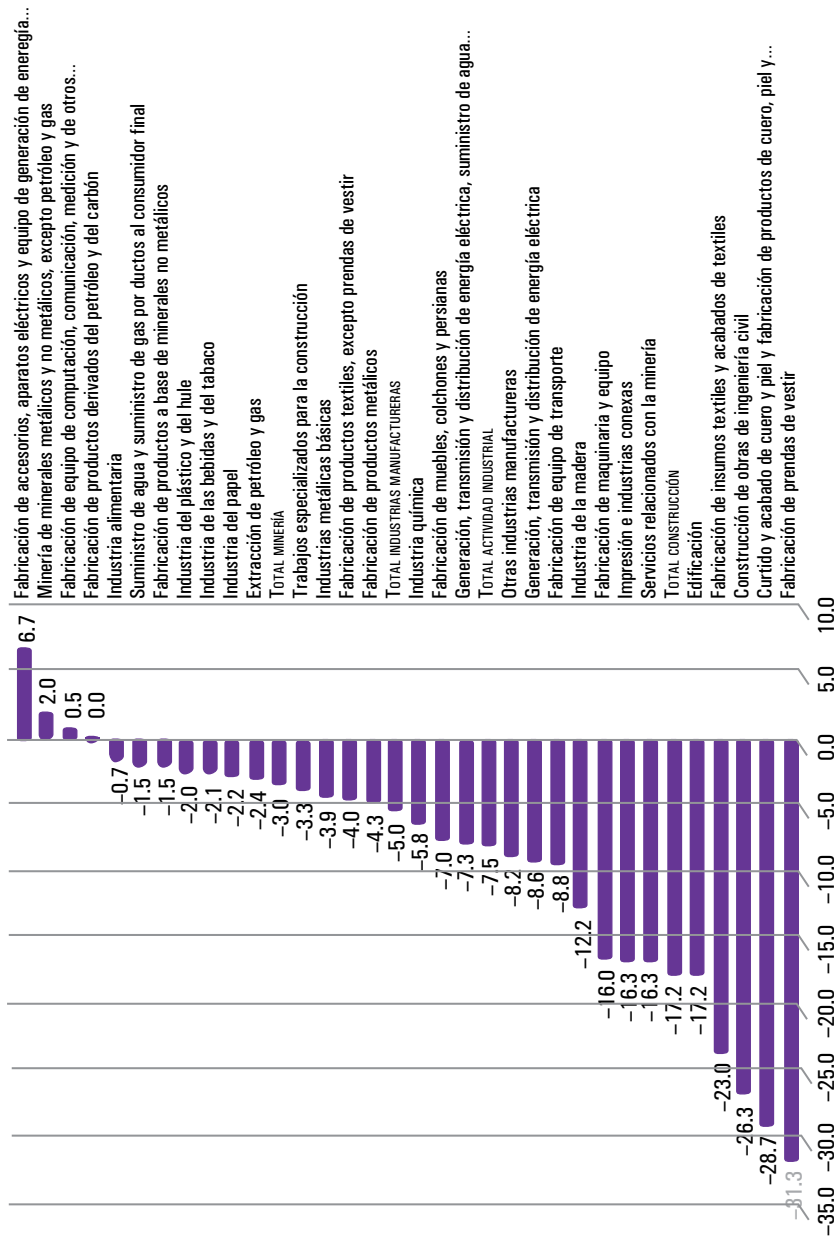
⁸ Sobre todo, las actividades primarias y secundarias que se contrajeron -1.1 % y -1-2 %, respectivamente.

Gráfica 1. Crecimiento del PIB, 2018 a 2020 (porcentajes)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) sobre la base de Global Economic Monitor (GEM) del Banco Mundial de junio de 2020.

Gráfica 2. Actividad industrial, septiembre de 2020 (variación porcentual anual)



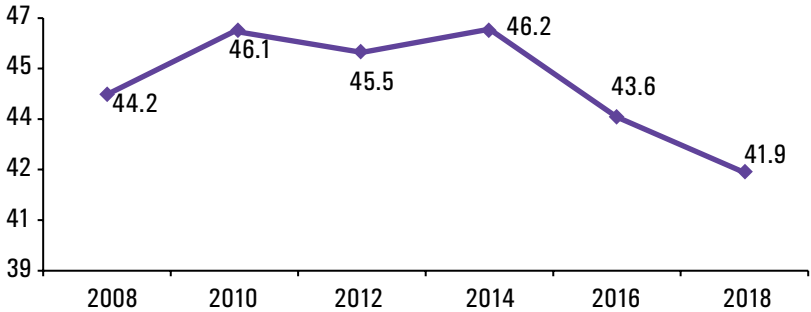
Fuente: elaboración propia con datos del Inegi [2020].

Pobreza multidimensional en México

Según el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval), una persona se encuentra en situación de pobreza cuando tiene al menos una carencia social y su ingreso es insuficiente para adquirir los bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades alimentarias y no alimentarias [Coneval, 2017].

En este sentido, el Coneval contempla un estándar de medición de la pobreza basado en los siguientes indicadores: ingreso corriente *per cápita*, rezago educativo promedio en los integrantes del hogar, en los servicios de salud, en la seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, en los servicios básicos en la vivienda y en la alimentación [Coneval, 2019]. Ahora bien, en México la población en situación de pobreza ha disminuido 1.6 % (véase gráfica 3).

Gráfica 3. México. Evolución de la pobreza, 2008-2018
(porcentaje)

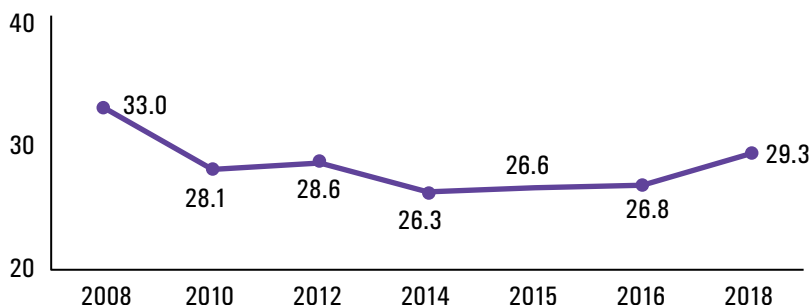


Fuente: elaboración propia con datos del Coneval [2020].

Lo anterior permite ver que cerca de un millón de personas abandonaron tal condición en dicho periodo. Se observa en la gráfica 4 que en el periodo 2008 a 2014 hubo un incremento del número de personas en condición de pobreza, pasando de

44.1 % a 46.2 %, respectivamente. Sin embargo, para 2018 logra ubicarse en 41.9 %, mostrando una disminución moderada de la población en situación de pobreza. En tanto, en el caso de la pobreza extrema, si bien el porcentaje en el mismo periodo presentó un decremento, este fue marginal de apenas 0.2 %, al pasar de 7.6 % a 7.4 %, entre 2016 y 2018, respectivamente. Por lo que respecta a la población vulnerable por carencias sociales, para esta última medición se identificó un aumento significativo de 2.5 % (véase gráfica 4). Esto provocó que más de 3.8 millones de personas se sumaran a tal condición, lo cual a la postre puede incidir en el aumento de la población en pobreza.

Gráfica 4. Población vulnerable por carencias sociales, 2008-2018
(porcentaje)



Fuente: elaboración propia con datos del Coneval [2020].

La situación descrita se ve reflejada en el porcentaje de población que aglutina (véase cuadro 2). Tal fue el caso del rezago educativo y la carencia por calidad y espacios en la vivienda, que disminuyeron -0.5 % y -1 %, respectivamente.

Cuadro 2. Porcentaje de población con carencias sociales, 2010-2018

Año	Rezago educativo	Acceso a los servicios de salud	Acceso a seguridad social	Calidad y espacios en vivienda	Acceso a los servicios básicos en vivienda	Acceso a la alimentación
2008	21.9	38.4	65.0	17.7	22.9	21.7
2010	20.7	29.2	60.7	15.2	22.9	24.8
2012	19.2	21.5	61.2	13.6	21.2	23.3
2014	18.7	18.2	58.5	12.3	21.2	23.4
2016	17.4	15.5	55.8	12.0	19.3	20.1
2018	16.9	16.2	57.3	11.1	19.8	20.4

Fuente: elaboración propia con datos del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social [Coneval, 2020].

En el caso contrario, la carencia por acceso a la seguridad social fue la que más se incrementó en el periodo 2016-2018, al pasar de 55.8 a 57.3 %. Seguida de la carencia por acceso a los servicios de salud con un aumento de 0.6 %, al pasar de 15.5 a 16.2 %. La información estadística disponible evidencia los indicadores anteriores estatales, lo que permite establecer una jerarquía a este nivel de agregación, como se observa en el cuadro 3.

En general, los avances asociados a los resultados de la medición de pobreza multidimensional 2020 desarrollado por Coneval son desalentadores. En su informe de Medición Multidimensional de Pobreza, muestra que para el tercer trimestre de 2020 el ingreso laboral real mostró una disminución de 6.7 % comparado con su precedente, llevando a la población con un ingreso laboral inferior al valor de la canasta alimentaria a 44.5 %, cuando el dato era de 38.5 % [Coneval, 2017].

Cuadro 3. México. Población en situación de pobreza por entidad federativa, 2016 y 2018 (porcentaje)

Entidad federativa	2016	2018	Variación 2018-2016
Chiapas	77.10	76.40	-0.70
Guerrero	64.40	66.50	2.10
Oaxaca	70.40	66.40	-4.00
Veracruz	62.20	61.80	-0.40
Puebla	59.40	58.90	-0.50
Tabasco	50.90	53.60	2.80
Morelos	49.50	50.80	1.30
Tlaxcala	53.90	48.40	-5.60
Zacatecas	49.00	46.80	-2.20
Campeche	43.80	46.20	2.50
Michoacán	55.30	46.00	-9.30
Hidalgo	50.60	43.80	-6.80
San Luis Potosí	45.50	43.40	-2.10
Guanajuato	42.40	43.40	1.00
Estado de México	47.90	42.70	-5.20
Yucatán	41.90	40.80	-1.10
Durango	36.00	37.30	1.40
Tamaulipas	32.20	35.10	2.90
Nayarit	37.50	34.80	-2.80
Sinaloa	30.80	30.90	0.10
Colima	33.60	30.90	-2.80
Ciudad de México	27.60	30.60	3.00
Jalisco	31.80	28.40	-3.40
Sonora	27.90	28.20	0.30
Querétaro	31.10	27.60	-3.50
Quintana Roo	28.80	27.60	-1.30
Chihuahua	30.60	26.30	-4.30
Aguascalientes	28.20	26.20	-2.00
Baja California	22.20	23.30	1.00
Coahuila	24.80	22.50	-2.30
Baja California Sur	22.10	18.10	-4.10
Nuevo León	14.20	14.50	0.30

Fuente: elaboración propia con datos del Coneval [2018].

Los datos del Coneval en 2018 muestran un aumento de la pobreza laboral en 28 de las 32 entidades federativas. Aunado a ello, un total de 12 entidades federativas mantuvieron niveles de pobreza laboral por encima de 45 % en julio, agosto y septiembre (Chiapas, Ciudad de México, Guerrero, Hidalgo, Morelos, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz) [Coneval, 2018].

Entre el tercer trimestre de 2019 y el tercer trimestre de 2020, el coeficiente de Gini aumentó de 0.49 a 0.54, reflejando una mayor desigualdad de los ingresos laborales *per cápita* en México. Derivado de los datos anteriores, es necesario identificar a la población vulnerable o la más afectada para optimizar la política social.

Los programas sociales del Sistema Nacional para el SNDIF, enfocados en contribuir a garantizar el acceso a la alimentación

El país cuenta con la Estrategia Integral de Asistencia Social Alimentaria y Desarrollo Comunitario (EIASADC), la cual busca contribuir a un estado nutricional adecuado y al desarrollo comunitario de la población en condiciones de vulnerabilidad, mediante el impulso de comunidades autogestoras, organizadas y con participación activa, así como el consumo de una alimentación nutritiva, suficiente y de calidad, fortalecida por la educación nutricional y el aseguramiento de la calidad alimentaria para mejorar su bienestar. La estrategia se conforma por los siguientes programas [DIF, 2020]:

- Programa de Desayunos Escolares (Ramo 33, Fondo de Aportaciones Múltiples en su componente Asistencia Social, FAM AS).
- Programa de Asistencia Social Alimentaria en los Primeros 1000 Días de Vida (Ramo 33 FAM AS).

- Programa de Asistencia Social Alimentaria a Personas de Atención Prioritaria (Ramo 33 FAM AS).
- Programa de Asistencia Social Alimentaria a Personas en Situación de Emergencia o Desastre (Ramo 33 FAM AS).
- Programa de Salud y Bienestar Comunitario (S251). Estrategia de Atención a Población en Condiciones de Emergencia (P013).

Además de contar con Programas de Asistencia Social Alimentaria, los cuales son operados por los Sistemas DIF (Desarrollo Integral de la Familia) en las entidades federativas con recursos federales pertenecientes al Ramo 33 del Fondo de Aportaciones Múltiples en su componente de Asistencia Social (desarrollados por el Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia) [SNDIF, 2020].

Desayunos escolares. Su objetivo es favorecer el acceso y consumo de alimentos nutritivos e inocuos de la población en condiciones de vulnerabilidad que asiste a planteles públicos del Sistema Educativo Nacional, mediante la entrega de desayunos escolares.

Programa de Asistencia Social Alimentaria en los Primeros 1000 días de vida. Su objetivo es contribuir a un estado nutricional adecuado de los niños en sus primeros 1000 días de vida, mediante la entrega de dotaciones o raciones alimentarias nutritivas, fomento de la educación nutricional, la lactancia materna y prácticas adecuadas de cuidado, higiene y estimulación temprana para el correcto desarrollo.

Programa de Asistencia Social Alimentaria a Personas de Atención Prioritaria. Su objetivo es favorecer el acceso y consumo de alimentos nutritivos e inocuos de las personas de atención prioritaria, asistiéndolos preferentemente en espacios alimentarios, vía la entrega de alimentos con criterios de calidad nutricia, acompañados de acciones de orientación y educación alimentaria.

Programa de Asistencia Social Alimentaria a Personas en Situación de Emergencia o Desastre. Su objetivo es promover el desarrollo de las capacidades institucionales de respuesta en los diferentes niveles de administración, con el establecimiento de mecanismos de coordinación que permitan realizar acciones de prevención, previsión, atención y recuperación para brindar apoyo a la población afectada por un desastre natural o antropogénico.

Estos programas han tenido una amplia cobertura y abarcan a la mayoría de las entidades federativas (véase cuadro 4).

Cuadro 4. Cobertura de los programas de la EIASDC, Ramo 33

Programa	Población beneficiaria	Estados atendidos	Municipios atendidos	Promedio al día de población beneficiaria
Desayunos escolares	Niñas y niños	32	2 392	5 650 346
Programa de Asistencia Social Alimentaria en los Primeros 1000 días de vida	Niñas y niños	25	1 520	129 517
Programa de Asistencia Social Alimentaria a Personas de Atención Prioritaria	Sujetos	30	1 492	30 536
Programa de Asistencia Social Alimentaria a Personas en Situación de Emergencia o Desastre	Personas	20	849	687 655

Fuente: DIF [2020].

Los otros programas del Fondo de Aportaciones Múltiples en su componente Asistencia Social (FAM AS) que operan con recursos distintos al Ramo 33 son:

Programa de Salud y Bienestar Comunitario. Su objetivo es fomentar la salud y el bienestar comunitario en localidades de alta y muy alta marginación con grupos de desarrollo

constituidos mediante el fortalecimiento de capacidades individuales y colectivas complementadas con la implementación de proyectos comunitarios. Su cobertura es nacional y la población objetivo son las localidades de alta y muy alta marginación, conforme la publicación oficial Índice de Marginación por Localidad 2010 del Consejo Nacional de Población (Conapo), con grupos de desarrollo constituidos.

Estrategia de Atención a Población en Condiciones de Emergencia. Promueve el desarrollo de las capacidades institucionales de respuesta en los diferentes niveles de administración (federal, estatal y municipal), mediante el establecimiento de mecanismos de coordinación que propician acciones de prevención, previsión, atención y recuperación para brindar apoyo a la población afectada por un desastre natural o antropogénico. Su cobertura es nacional, y su población objetivo son las personas que han sido afectadas por la ocurrencia de fenómenos naturales destructivos y/o antropogénicos que por sus condiciones de vulnerabilidad requieren de apoyo institucional para enfrentarlos.

La particularidad de dichos programas prioritarios es que tienen una cobertura nacional. Sin embargo, existen zonas geográficas que, por sus condiciones sociales, culturales y/o del entorno son más susceptibles a concentrar un mayor número de personas en condición de vulnerabilidad. Además de considerar que la población no se distribuye homogéneamente en el país. A partir de ello y con el objeto de optimizar el uso de los recursos escasos y contribuir al acceso de todas las personas a las mismas condiciones de bienestar, es importante identificar las zonas de atención prioritarias.

INDICADOR PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL

A partir del Índice de Desarrollo Social de la Ciudad de México (IDS-CDMX), diseñado por el Consejo de Evaluación

del Desarrollo Social del Distrito Federal (Evalúa-DF), considerando que para medir el desarrollo propiamente de este tipo, el cual incorpora variables como calidad y espacio disponible de la vivienda, acceso a salud, seguridad social, educación, bienes durables, adecuación sanitaria, adecuación energética, alimentación y conectividad. Estos indicadores se calculan bajo el criterio de ponderación, a diferencia de su anterior proceso metodológico de cálculo [Evalúa-DF, 2011], que utiliza el método de análisis factorial con la covarianza conjunta entre los indicadores, permitiendo crear un solo valor agregado a partir de estos indicadores.⁹

En contraparte, el cálculo del Índice de Bienestar Social de la Ciudad de México (IBS-CDMX) se replica sobre un procedimiento de agregación con el “Método de Distancia P2”. Sin embargo, en la última versión se hizo una modificación que consiste en incorporar el ponderador asociado al j-ésimo indicador, que permite generar ponderadores diferenciados para indicadores objetivos y subjetivos [Evalúa-DF, 2011]. En adelante, se propone el Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) que toma en cuenta como insumo primario la base de datos de la “Medición de la Pobreza Multidimensional 2018” formulado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval), la cual se genera a partir de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares [ENIGH, 2018].

A su vez, se incorporan insumos de información provenientes de estadísticas del propio Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (SNDIF), con la intención de robustecer el análisis. Para el cálculo del IVS, se emplea la técnica de estadística multivariada conocida como análisis

⁹ Es el recíproco del valor resumen obtenido con la agregación de las dimensiones ponderadas con el método de necesidades básicas insatisfechas (NBI). El método NBI mide las carencias en una población; para ello, relaciona el bienestar deseable, con el consumo efectivamente realizado.

multivariado de componentes principales (ACP), método con el cual se genera un vector que capta en una sola dimensión la información de cada una de las variables-insumo empleadas. Después, el método implica que se establezca un ranqueo de los resultados de dicho vector, identificando el orden de grado de vulnerabilidad de cada uno de las entidades federativas en México.

De acuerdo con lo anterior, los datos multivariantes serán los indicadores. Teóricamente, la forma de la matriz está dada por la ecuación (1).

$$X = [X_1, ..., X_p] \quad (1)$$

De esta manera, los componentes principales implican que las variables están integradas como se indica en la ecuación (2).

$$Y_1 = Xt_1, Y_2 = Xt_2, ..., Y_p = Xt_p \quad (2)$$

donde la varianza estará condicionada a un valor 1 para evitar que la varianza de una variable tenga mayor representatividad e influya más en la especificación de los componentes. Ahora, en la ecuación (3) se expresa la obtención de los valores propios y tendremos que:

$$St_i = \lambda_i t_i \quad (3)$$

donde s representa la matriz de covarianzas, t_i , los vectores propios estandarizados y λ_i , las varianzas de y_i ; es decir, los valores propios. Cabe destacar que una vez obtenidos los valores propios y especificado el número de componentes que integran la mayoría de la información del conjunto de datos, se procede a realizar una combinación lineal de estos con los

indicadores resultantes para obtener el índice buscado. Prácticamente, este planteamiento es suficiente para arrojar los resultados del análisis.

Para la selección de las variables empleadas, se tomaron dos consideraciones básicas: la identificación de población que, dadas sus características, refiere una condición innata de vulnerabilidad y la viabilidad de contar con información respecto de la condición. De esta forma, la metodología que se propone para construir e integrar el ivs implica incorporar los siguientes componentes poblacionales esenciales:

- Población infantil (menor a 13 años de edad).
- Población adulta mayor (de 65 y más años).
- Población de autoadscripción indígena.
- Población con discapacidad.
- Población habitante de localidades rurales.

En el cuadro 5, se indican las dimensiones del ivs que propone el presente documento, así como los componentes que integran cada una de las dimensiones de acuerdo con los derechos sociales asociados a cada uno de estos componentes y su respectiva dimensión.

Es importante mencionar que el ivs mide y aborda la “vulnerabilidad” desde una perspectiva social e integral, ya que en su cálculo incorpora variables adicionales a la carencia alimentaria (de acuerdo con los elementos de la medición multidimensional de pobreza de Coneval).¹⁰

¹⁰ Además, guarda congruencia con los resultados de pobreza, pues su distribución está altamente correlacionada con el nivel de esta entre los estados del país. No obstante, surge una necesidad ante la periodicidad para su cálculo; adicionalmente a las bases de datos de la ENIGH, se requiere contar con información de las características antropométricas (peso y talla) de los menores beneficiarios por el programa de desayunos escolares.

**Cuadro 5. Variables que integran las dimensiones,
componentes y derechos asociados del IVS**

Dimensión	Componente	Derecho asociado
Ingresos	Porcentaje de la población menor de 13 años por debajo de la línea de bienestar mínimo	Ingreso digno
	Porcentaje de la población de 65 años o más por debajo de la línea de bienestar mínimo	Ingreso digno
Población adulta mayor	Porcentaje de la población de 65 años o más con rezago educativo	Educación
	Porcentaje de la población de 65 años o más con carencia en el acceso a servicios de salud	Salud
	Porcentaje de la población de 65 años o más con carencia alimentaria	Alimentación
Población infantil	Porcentaje de la población menor de 13 años con rezago educativo	Educación
	Porcentaje de la población menor de 13 años con carencia en el acceso a servicios de salud	Salud
	Porcentaje de la población menor de 13 años con carencia alimentaria	Alimentación
	Porcentaje de población beneficiaria de desayunos escolares con desnutrición severa	Salud
	Participación de planteles escolares que reciben el beneficio de los desayunos escolares respecto del total nacional	Alimentación
	Participación de beneficiarios de entre 5 y 15 años que reciben desayunos respecto del total nacional	Alimentación
Población de autoadscripción indígena	Porcentaje de población que habla lengua indígena	No discriminación
Población con discapacidad	Porcentaje de población con alguna limitación en sus actividades	No discriminación
Población habitante en localidades rurales	Porcentaje de población que habita en localidades rurales	

Fuente: elaboración propia [ENIGH, 2018].

RESULTADOS

Los resultados del cálculo del *ivs*, según la metodología descrita en el presente documento, arrojan la siguiente fórmula, ya con las estimaciones y cálculos en la ecuación (4).

$$\begin{aligned} \text{IVS} = & 0.4137 * (\text{rez_edu_tot}) + 0.1893 * (\text{salud_} \\ & \text{tot}) + 0.3233 * (\text{aliment_tot}) + 0.4668 * (\text{lbn_tot}) + 0.4241 \\ & * (\text{rural}) + 0.3105 * (\text{indigena}) + 0.2744 * (\text{discapacidad}) + \\ & 0.2782 * (\text{planteles_est}) + 0.2033 * (\text{benef_stan}) + 0.0187 \\ & * (\text{sev_y_mode}) \end{aligned} \quad (4)$$

Se recalculan los valores del *ivs*, sus valores son: Máximo = 1 cuando la vulnerabilidad social de la población es la más alta, y el Mínimo = 0 cuando la vulnerabilidad social de la población es la más baja. Además, es importante resaltar que este índice no señala la proporción que le corresponde a cada estado del fondo de aportaciones múltiples, sino que sólo permite identificar el grado de vulnerabilidad de las entidades en función de las características de su población.

En el cuadro 6, se indica que el *ivs* está escalado en un rango de 0 a 1, donde 0 refiere la no existencia de vulnerabilidad social y 1 la máxima vulnerabilidad de la población. Así, los resultados muestran que los estados con valores más bajos en su *ivs* son Baja California Sur (0.1212), Nuevo León (0.1291) y la Ciudad de México (0.1465), mientras que los estados con el índice más alto son Veracruz (0.9999), Oaxaca (0.9844) y Chiapas (0.9492).

Esta situación denota las brechas de desarrollo que prevalecen entre las diferentes entidades del país y las marcadas diferencias en el acceso y goce de los derechos sociales de las personas, lo cual no sólo depende de variables intrínsecas al individuo y su familia, sino que, además, están asociadas al entorno en el que vive y se desenvuelve. Tales resultados dan la pauta para el establecimiento de acciones de política pública

más eficientes en términos costo-beneficio y más efectivas, que se diseñen y se destinen a la población con mayores niveles de precarización.

Cuadro 6. México. IVS por entidad federativa, 2018

Entidad	Índice de vulnerabilidad	Entidad	Índice de vulnerabilidad
Baja California Sur	0.1212	Jalisco	0.4319
Nuevo León	0.1291	Yucatán	0.4611
Ciudad de México	0.1465	Nayarit	0.471
Quintana Roo	0.1781	Guanajuato	0.484
Aguascalientes	0.1957	Campeche	0.4846
Baja California	0.2314	San Luis Potosí	0.4947
Querétaro	0.2592	Morelos	0.5021
Sonora	0.268	Puebla	0.526
Tlaxcala	0.2825	Zacatecas	0.5368
Coahuila	0.2933	Michoacán	0.5597
Colima	0.302	Tabasco	0.6397
Durango	0.3277	Hidalgo	0.6418
Sinaloa	0.3534	Guerrero	0.8063
Chihuahua	0.3815	Chiapas	0.9492
Tamaulipas	0.4031	Oaxaca	0.9844
México	0.4251	Veracruz	0.9999

Fuente: elaboración propia [ENIGH, 2018].

Adicionalmente y de forma general, es importante manifestar que los resultados a los cuales se llega con el IVS son congruentes (en particular para el caso de la Ciudad de México) con los alcanzados por otros instrumentos existentes, como el IDS-CDMX y el IBS-CDMX, situación asociada, en parte, al empleo de categorías y variables similares en cada uno de dichos instrumentos.

En el cuadro 7, se identifica para el caso de la Ciudad de México el nivel de desarrollo logrado para cada uno de los instrumentos (IBS-CDMX, IDS-CDMX e IVS), relacionando de forma general las dimensiones sobre las que se basa la construcción de cada uno de los indicadores. Como se observa, a pesar de las diferentes técnicas estadísticas empleadas para cada uno de ellos, los resultados muestran que en la Ciudad de México prevalecen condiciones de marcado desarrollo para sus habitantes.

**Cuadro 7. Instrumentos de medición del bienestar entre la población
El caso de la Ciudad de México**

Índice	Dimensiones para el cálculo de los indicadores	Metodología	Resultado para la CdMx*
IDS 2015	• Calidad y espacio disponible de la vivienda • Acceso a salud • Acceso a seguridad social • Acceso educativo • Acceso a bienes durables • Adecuación sanitaria • Adecuación energética • Acceso a la alimentación • Acceso a la conectividad	Método Análisis Factorial	Nivel medio de desarrollo social
IBS 2015	• Educación • Empleo • Salud • Ingreso • Alimentación • Condiciones del hogar • Bienestar subjetivo • Redes sociales de apoyo • Uso de la tecnología • Acceso a la cultura y recreación • Calidad del entorno físico	Método Distancia P2 (DM-R)	Nivel medio de bienestar social
IVS 2018	• Ingresos • Población adulta mayor • Población infantil • Población con discapacidad • Población habitante en localidades rurales	Método de Componentes Principales (PCA)	Sin vulnerabilidad

* Para los índices IDS e IBS, se considera el resultado de la mayoría de las delegaciones.

En conjunto, los tres indicadores permiten obtener un análisis más completo de la situación para la Ciudad de México. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, en el caso del IDS su cálculo se encuentra limitado por la inaccesibilidad de la información causada por los cambios derivados de la pandemia.

CONCLUSIONES

México se encuentra actualmente en un proceso fundamental de cambio de visión de política pública, al pasar de un enfoque de política social basado en programas focalizados (con el llamado modelo neoliberal) a un modelo de bienestar social de plena garantía y acceso a derechos sociales en la búsqueda por alcanzar el bienestar social. Los programas sociales focalizados en la Ciudad de México han sido piedra angular en el establecimiento de una política de bienestar social.

La pobreza y la desigualdad son condiciones que no son mutuamente excluyentes, sino al contrario, en escenarios de poca movilidad social se refuerzan. Las sociedades más injustas son aquellas en las que el acceso a la educación, a la salud y al empleo es limitado. Este fenómeno implica la existencia de mecanismos persistentes de exclusión social que generan una dinámica perniciosa que no sólo obstaculiza el crecimiento económico, sino que también pueden ser causa de conflictos sociales e impedir el bienestar social en la sociedad.

Como se analizó, la medición del bienestar social ha dejado de ser sólo la medición del crecimiento del ingreso económico y considera otros factores sociales. Este ha sido el sentido, la experiencia y los avances que ha tenido la Ciudad de México con sus mediciones por medio del IDS-CDMX y el IBS-CDMX, los cuales tuvieron como fin medir el grado de avance en el logro de la calidad de vida y las condiciones sociales de la población en esa entidad. Sin embargo, seguían sin considerar algunos

factores relevantes para representar la vulnerabilidad de la población.

La vulnerabilidad social, como se mencionó, es una condición de fragilidad como resultado de la acumulación de desventajas sociales originadas por la pobreza y por otros factores discriminatorios y de marginación hacia ciertos grupos. En este sentido, el ivs permite estimar la magnitud de la población en estas condiciones y otorga importancia relativa a cada tipo de desventaja en función de las prioridades que atienden los programas de asistencia social alimentaria.

Este trabajo presentó la metodología y resultados del ivs para México y cómo se integran aspectos sociales relacionados con el ingreso, la educación, la salud, la alimentación y la no discriminación, cuyo fin es aportar herramientas para el desarrollo de estrategias, políticas y acciones de bienestar social en México que mejoren el bienestar de la población más vulnerable.

Se demostró mediante los resultados que el ivs aborda este último concepto desde una perspectiva más integral, ya que incorpora variables adicionales a la carencia alimentaria. Por ello, se podría esperar que, en conjunto con el IDS-CDMX y el IBS-CDMX, reflejen una dimensión más apegada a la realidad y ayuden a orientar políticas públicas eficientes para promover una mejor calidad de vida de la población.

BIBLIOGRAFÍA

- Cárdenas, O. [2008], “Medidas de bienestar: de lo general a lo particular”, *Acta Universitaria*, vol. 18, núm. 3, septiembre-diciembre: 50-57.
- Carrillo, M., J. A. Cerón y M. Reyes [2007], *Análisis del crecimiento económico*, México, Instituto Politécnico Nacional.

- Cerón, J. A. [2016], *Evaluación global de la política social de la Ciudad de México*, México, Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México/IPN/Asamblea Legislativa del Distrito Federal VII Legislatura/El Colegio de Tlaxcala.
- Cerón, J. A., M. S. Reyes y H. Ríos [2018], *Medición y análisis de la pobreza en la Ciudad de México*, México, Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México/IPN/El Colegio de Tlaxcala.
- Coneval [2020], *La política social en el contexto de la pandemia por el virus SARS-COV-2 (covid-19) en México*, México Coneval, recuperado de <<https://bit.ly/3LBzET1>>.
- _____ [2019], “Medición de la pobreza”, recuperado de <<https://bit.ly/2Ndp6cy>>.
- _____ [2018], “Medición de la pobreza. Pobreza en México”, recuperado de <<https://bit.ly/422Nkfk>>.
- _____ [2017], “Glosario”, recuperado de <<https://bit.ly/421YErW>>.
- _____ [16 de junio de 2010], “Lineamientos y criterios generales para la definición, identificación y medición de la pobreza”, *DOF*, recuperado de <<https://bit.ly/44lzPcC>>.
- Consejo de Evaluación del Desarrollo Social de la Ciudad de México [2018], Reducción de la Pobreza multidimensional y desigualdad en la Ciudad de México 2018-2022, <<https://acortar.link/tbzoUI>>.
- _____ [2016], Resultados de la medición de la pobreza 2016 a 2020, <<https://acortar.link/jopWZA>>.
- DIF [2020], “Autoevaluación del Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia”, recuperado de <<http://sitios.dif.gob.>>.
- ENIGH [2018], Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares, <<https://n9.cl/ndvsp>>.
- Evalúa-DF [2016], *Índice de Bienestar Social de la CDMX*, México, Consejo de Evaluación del Desarrollo Social del Distrito Federal.

- _____. [2011], “Índice de desarrollo social de las unidades territoriales (delegaciones-colonias-manzanas) del Distrito Federal”, México, Consejo de Evaluación del Desarrollo Social del Distrito Federal.
- Giménez, C. y X. Valente [2016], “Una aproximación a la pobreza desde el enfoque de capacidades de Amartya Sen”, *Provincia* (35):99-149.
- Martínez, O., M. Lombe, A. Vázquez y M. Colorado [2016], “Rethinking the construction of welfare in Mexico: Going beyond the economic measures”, *International Journal of Social Welfare*, vol. 25 (3): 259-272.
- Ochoa, H., H. Sánchez y L. Martínez [1996], “Uso de un índice de bienestar social para la planificación de la salud a nivel municipal”, *Salud Pública de México*, vol. 38, núm. 4: 257-267.
- PNUD [2020], Informe sobre desarrollo humano 2020, Madrid, Mundi-Prensa.
- _____. [2014], Informe sobre desarrollo humano 2014, Madrid, Mundi-Prensa.
- PNUD [2006], *Informe sobre desarrollo humano 2006*, Madrid, Mundi-Prensa.
- Sen, A. [2000], *Desarrollo y libertad*, 8va. ed., Bogotá, Planeta.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público [2020], *Criterios Generales de Política Económica para la iniciativa de Ley de Ingresos y el Proyecto de Presupuestos de Egresos de la Federación correspondientes al ejercicio fiscal 2020*, “Pre-criterios 2020”, <<https://acortar.link/caGQBZ>>.
- Shearer, R. [1962], “El concepto de crecimiento económico”, *El Trimestre Económico*, vol. 29, núm. 116(4), octubre-diciembre de 1962: 645-676.
- SNDIF [2020], “Aprobación del Programa Anual de Trabajo del Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia para el ejercicio fiscal 2020”, recuperado de <<https://bit.ly/3AxqVem>>.

- Stiglitz, J., A. Sen y J. Fitoussi [2009], Informe de la Comisión sobre la Medición del Desarrollo Económico y del Progreso Social, Comisión sobre la medición del Desarrollo Económico y del Progreso Social.
- Perrotini, I. y J. A. Cerón [2017], *Desigualdad económica, pobreza y movilidad social*, México, Evalúa-CDMX/IPN/El Colegio de Tlaxcala.
- Uribe, C. [2004], “Desarrollo social y bienestar”, *Universitas Humanística*, vol. XXXI, núm. 58: 11-25, recuperado de <<https://bit.ly/3HhsXmw>>.

4. UN MODELO PARA PREDECIR LA TASA DE DESEMPLEO EN EL CORTO PLAZO

Jorge Zaragoza Badillo

“Los dos vicios fundamentales del mundo económico en el que vivimos son, en primer lugar, que en él no está asegurado el pleno empleo y, en segundo lugar, que la distribución de la fortuna y de la renta son arbitrarias y faltas de equidad”. John Maynard Keynes, *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*, 1936.

INTRODUCCIÓN

Economistas de todos los tiempos y de todas las vertientes teóricas han tratado de entender el problema del desempleo con el propósito de erradicarlo. No obstante, no se ha encontrado una solución eficaz hasta nuestros días.

En este capítulo, iniciamos con la postura de los clásicos de la economía para explicar la relación entre la dinámica de la población y el nivel del empleo. Después, revisamos brevemente la explicación de la teoría neoclásica al fenómeno del desempleo. Pero esta es refutada por John Maynard Keynes, sobre todo en el contexto de la gran depresión de los años treinta del siglo xx. Después, vemos la postura de Michel Kalecki, quien afirmó que los principales obstáculos para lograr el pleno empleo en una economía capitalista son de carácter político. De modo que se tuvo que crear un método, por convención entre los economistas, para calcular la tasa de

desempleo, el cual revisamos aquí. A partir de la forma en que se divide la población para obtener la tasa de desempleo, se propone un modelo inspirado en el de flujos migratorios de Peter M. Allen, que consiste en un sistema de tres ecuaciones diferenciales no lineales acopladas con sus respectivas variables y parámetros, el cual se formalizó matemáticamente y se programó en computadora para obtener las soluciones con mayor rapidez y eficacia. Primero se explica la heurística del modelo, posteriormente se hace una aplicación con datos oficiales obtenidos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) del Inegi con el propósito de hacer una predicción de la tasa de desempleo en México para los trimestres 2021-2, 2021-3 y 2021-4. Finalmente, se discute sobre la naturaleza del modelo, su horizonte de predictibilidad y su potencial para plantear escenarios que sirvan de guía para los que toman decisiones en el mercado laboral mexicano.

MARCO TEÓRICO

Los clásicos de la economía política como Adam Smith (1776), Thomas Robert Malthus (1798), David Ricardo (1817) y Karl Marx (1867) afirmaron, de una u otra forma, que la oferta y la demanda de empleo, y el nivel de los salarios, determinan la dinámica de la población. Plantearon algunas relaciones de causalidad para explicar dicha dinámica y el problema del desempleo. Así, Smith afirmó que,

si en un mismo lugar hubiese un empleo evidentemente mucho más o mucho menos ventajoso que los demás, habría tanta gente que invertiría en él en el primer caso, o que lo abandonaría en el segundo, que sus ventajas pronto retornarían al nivel de los demás empleos. Este sería el caso al menos en una sociedad donde se permitiese que las cosas siguieran su curso natural, donde hubiese total libertad, y donde cada persona fuese perfectamente

libre tanto para elegir la ocupación que desee como para cambiarla cuantas veces lo juzgue conveniente. El interés de cada persona lo inducirá a buscar el empleo más ventajoso y a rechazar el menos ventajoso [Smith, 2009: 191].

Smith, como pensador liberal, partía del supuesto de que los individuos gozan del privilegio de elegir libremente, lo cual los induce a buscar el mejor empleo. Esta búsqueda implica desplazamientos geográficos (dinámica poblacional).

Por su parte, Malthus afirmó que la población crece geométricamente y la producción de alimentos aritméticamente. El resultado de esta disparidad en el crecimiento es la aparición de crisis hambrunas. En este sentido, la dinámica de la población depende fuertemente de la producción de alimentos; es decir, de la economía. Por el contrario, la hipótesis de Malthus sugiere que si el crecimiento de la producción de alimentos fuera mayor que el de la población, entonces en lugar de crisis hambrunas tendríamos abundancia y, en estas condiciones, aumentaría la población [Malthus, 1998].

David Ricardo va más allá que Malthus al introducir, en un mecanismo de mercado, la mano de obra al afirmar que:

la mano de obra, al igual que las demás cosas que se compran y se venden, y que pueden aumentar o disminuir en cantidad, tiene su precio natural y su precio de mercado. El precio natural de la mano de obra es el precio necesario que permite a los trabajadores, uno con otro, subsistir y perpetuar su raza, sin incremento ni disminución. [...]

El precio de mercado de la mano de obra es el precio que realmente se paga por ella, debido al juego natural de la proporción que existe entre la oferta y la demanda; la mano de obra es costosa cuando escasea, y barata cuando abunda. Por más que el precio de mercado de la mano de obra se desvíe de su precio natural, tiende, al igual que los bienes, a conformarse con él.

Cuando el precio de mercado de la mano de obra excede su precio natural, la condición del trabajador es floreciente y

dichosa, y puede disponer en mayor proporción de los productos esenciales y de los goces de la vida y, por ende, criar una familia sana y numerosa. Por el contrario, cuando los salarios elevados estimulan el crecimiento de la población, crece el número de trabajadores, los salarios caen nuevamente hasta su precio natural y, a veces, debido a una reacción, se sitúan a un nivel todavía inferior al primitivo.

Cuando el precio de mercado de la mano de obra es inferior a su precio natural, la condición de los trabajadores es de lo más mísera: la pobreza los priva de aquellas comodidades que la costumbre convierte en necesidades absolutas. Sólo después de que sus privaciones han reducido su número, de que la demanda de mano de obra haya aumentado, o de que el precio de mercado del trabajo se haya elevado hasta su precio natural, tendrá el trabajador las comodidades moderadas que le proporcionará la tasa natural de salarios [Ricardo, 2004: 71-72].

De acuerdo con David Ricardo, las fluctuaciones que muestra el crecimiento de la población dependen de los cambios en el diferencial entre el precio natural y el precio de mercado de la mano de obra y, a su vez, estos dependen de las fluctuaciones en el crecimiento de la población.

Para Marx, el crecimiento de la población está en función de la acumulación de capital. Este autor divide al capital total en capital constante (medios de producción) y capital variable (fuerza de trabajo). Ahora, suponiendo que se mantiene constante la composición orgánica de capital; es decir, la proporción entre la masa de fuerza de trabajo y la masa de medios de producción, una parte del plusvalor obtenido anualmente por los capitalistas se convierte en nuevo capital, lo que implica incorporar nueva fuerza de trabajo para ocuparla en la nueva masa de medios de producción. En estas condiciones, la escala de la acumulación puede ampliarse repentinamente ante nuevas oportunidades de inversión, lo que implica variar la distribución de la plusvalía en capital y renta (el capitalista destina un porcentaje mayor de su plusvalía a las nuevas

inversiones). En ese momento, la demanda de obreros superaría a su oferta, haciendo subir los salarios, lo que hace posible, por un lado, el incremento de la tasa de natalidad y, por otro lado, el desplazamiento de obreros a los lugares donde la demanda supera a la oferta y los salarios son mejores. En palabras de Marx:

...las necesidades de acumulación de capital pueden sobrepujar el incremento de la fuerza de trabajo o del número de obreros, la demanda de obreros puede preponderar sobre su oferta, haciendo con ello subir los salarios [...]. La acumulación de capital supone, por tanto, un aumento del proletariado [Marx, 1994: 517-518].

El desempleo desde la perspectiva de la teoría neoclásica

Tomando como base las ideas de Adam Smith y David Ricardo, la teoría neoclásica plantea, por un lado, que la oferta crea su propia demanda (la ley de Say), y por otro, que el salario es el precio de la mano de obra, como cualquier otra mercancía. Por lo tanto, el trabajo también está sometido a la ley de la oferta y la demanda [Dostaler, 2012]; es decir, cuando el precio de la mano de obra disminuye, aumenta su demanda; pero cuando dicho precio aumenta, disminuye su demanda. De lo anterior, concluyen que el desempleo es voluntario; es decir, que hay trabajadores que no están dispuestos a trabajar cuando los salarios disminuyen a cierto nivel.

El desempleo explicado por Keynes

El objetivo de *La teoría general de la ocupación, el interés y el dinero* de John Maynard Keynes (1936) fue encontrar una solución a la gran depresión económica y a las altas tasas de

desempleo registradas, como nunca antes en la historia, en Inglaterra y Estados Unidos en la década de los treinta del siglo xx.

Al contrario de lo planteado por la teoría neoclásica, para Keynes la demanda crea su propia oferta [Dostaler, 2012]. En consecuencia, el desempleo es un problema de desequilibrio entre oferta y demanda. Dicho desequilibrio surge porque los trabajadores, organizados en sindicatos, se niegan a que les disminuyan el salario nominal; los capitalistas, al no poder bajar los salarios, suben sus costos de producción, lo que repercute en incrementos en los precios (inflación) de los bienes de consumo final de los trabajadores; a final de cuentas, el salario real de los trabajadores (poder adquisitivo) disminuye, lo cual repercute en la demanda efectiva. El efecto final es que la oferta es mayor que la demanda, disminuyen las ganancias de los capitalistas, disminuye la inversión, disminuye la oferta de trabajo, aumenta el desempleo, el cual, según Keynes, es involuntario. La mejor forma de solucionar la depresión económica y las altas tasas de desempleo (ante la negativa de los empresarios para invertir) es disminuir las tasas de interés de los créditos para la inversión privada y con la participación del Estado en la economía mediante la inversión pública en obras de infraestructura (carreteras, hospitales, escuelas, alumbrado, etcétera).

Los obstáculos para lograr el pleno empleo en una economía capitalista

La propuesta de Keynes de incrementar el gasto público, por medio de los créditos, como la opción más efectiva para salir de la depresión económica y reducir las altas tasas de desempleo, tuvo los efectos esperados. Sin embargo, no se alcanzó el pleno empleo.

Para Kalecki [(1971) 1984], no basta el manejo adecuado de la política económica mediante la correcta manipulación de las variables macroeconómicas para lograr el pleno empleo. El principal obstáculo es político porque, según él, los “líderes industriales” se oponen al pleno empleo por medio del gasto del gobierno por tres motivos: a) la oposición a la intervención del gobierno en el problema del desempleo como tal; b) el enojo por la orientación del gasto gubernamental (inversión pública y consumo subsidiado); c) el rechazo a los cambios políticos y sociales resultantes de la ocupación plena. Dicho de otro modo, la oposición a la intervención del Estado en la economía. Después de 85 años de que se publicó *La teoría general...* de Keynes, no se tiene noticia de ningún país que haya alcanzado el pleno empleo. Incluso, por convención, los economistas tienen un método para calcular la tasa de desempleo (TD), el cual veremos a continuación.

EL CÁLCULO DE LA TASA DE DESEMPLEO

Los economistas han dividido a la población total (PT) en población económicamente activa (PEA) y población no económicamente activa (PNEA); la PEA es aquella en edad de trabajar;¹ la PNEA está compuesta por la población por debajo de la edad para trabajar; los estudiantes que no trabajan, aunque tengan la edad para trabajar; las amas de casa que no trabajan, aunque tengan la edad para trabajar; y los jubilados y pensionados. A su vez, la PEA se divide en población económicamente activa ocupada (PEAO) y población económicamente activa no ocupada (PEANO); la PEAO está compuesta por los empresarios, los trabajadores por cuenta propia, los empleados, los trabajadores y los que realizan alguna actividad económica

¹ La edad para trabajar depende de cada país. En México, la edad para trabajar es a partir de los 14 años.

dentro de la llamada economía informal, y la PEANO está compuesta por las personas en edad de trabajar, pero que no trabajan por encontrarse desempleadas debido a que buscan un empleo y no lo encuentran. También, por convención entre los economistas, la tasa de desempleo (TD) se calcula dividiendo la PEANO entre la PEA, multiplicando este resultado por cien. Lo anterior se expresa con las siguientes fórmulas:

$$PT = PEA + PNEA$$

$$PEA = PEOA + PEANO$$

$$TD = \left(\frac{PEANO}{PEA} \right) * 100$$

La política económica de un determinado país está en función del nivel del empleo formal (EF). Se entiende como EF aquel que sea remunerado, estable y con prestaciones sociales. Así que la dinámica² de la PEA dividida en PEOA y PEANO va a depender del coeficiente de la razón de crecimiento de la PEOA, de la PEA y del nivel de EF (este último es la variable de control).

En vista de que, en el fenómeno real,³ tanto la razón de crecimiento de la PEA y la PEANO, como el nivel del EF (expresado en la oferta y demanda de empleo en el mercado laboral), están variando con el tiempo, proponemos la siguiente hipótesis: hay una relación inversa, no proporcional, entre la tasa de crecimiento de la PEOA y la PEANO, dado un nivel de EF.

Una vez expuesto todo el marco teórico y la hipótesis para el fenómeno en cuestión, proponemos un modelo con un sistema de tres ecuaciones diferenciales acopladas no lineales⁴ que explicaremos en el siguiente apartado.

² Cuando hablamos de dinámica, nos referimos a la evolución de las variables a lo largo del tiempo.

³ Tal vez sea más correcto decir en tiempo real.

⁴ Decimos que son acopladas porque hay una relación de interdependencia entre las variables y la evolución de las variables no es lineal.

Formalización matemática del modelo⁵

Vamos a suponer que la población total es igual a la población ocupada más la población desocupada. La población ocupada es la que realiza la actividad económica. La población desocupada considera los sectores de la población que no desempeña alguna actividad económica, tales como amas de casa, niños, estudiantes, jubilados y ancianos, pero también considera a aquellos que buscan un trabajo formal y no lo encuentran; es decir, los desempleados. Siguiendo a Keynes [2003], el desempleo es involuntario. Formalmente, se tiene que:

$$P(t) = x(t) + y(t) \quad (1)$$

donde P es la población total; x es la población ocupada; y es la población desocupada; y t es el tiempo. La población ocupada a través del tiempo aumenta en forma proporcional a la cantidad de población desocupada que busca empleo formal. Se supone que los desempleados que buscan un empleo formal lo hacen bajo condiciones de racionalidad limitada.⁶ Así:

$$\frac{dx}{dt} \propto yz \quad (2)$$

donde: z es el empleo formal⁷ (también cambia en función del tiempo) y $\propto$ es el símbolo constante de proporcionalidad.

Además, la población ocupada a lo largo del tiempo disminuye proporcionalmente a la interacción entre población desocupada y ocupada. Formalmente:

⁵ Agradezco al doctor Edgar Acatitla Romero su colaboración en la formalización matemática del modelo.

⁶ *Racionalidad limitada* hace referencia a un conjunto de condiciones bajo las cuales los agentes de la economía toman decisiones, tales como información incompleta, capacidad limitada de cálculo, heurísticas, rutinas, etcétera.

⁷ Son aquellos empleos que se caracterizan por la estabilidad, y por disponer de prestaciones sociales.

$$\frac{dx}{dt} \propto -yx \quad (3)$$

La expresión (2) es igual a: $\frac{dx}{dt} = \varepsilon yz$; y la (3) nos da: $\frac{dx}{dt} = -\varepsilon yx$, donde ε es la tasa de crecimiento de la población no ocupada.

Los cambios totales de la población ocupada en el tiempo son iguales al crecimiento de la población desocupada que busca empleo formal, menos el crecimiento de las interacciones entre la población desocupada y la ocupada. Con base en las ecuaciones (4) y (5), se obtiene:

$$\frac{dx}{dt} = \varepsilon yz - \varepsilon yx = \varepsilon y(z - x)$$

La población desocupada a través del tiempo aumenta en forma proporcional al crecimiento de la población total. Es decir:

$$\frac{dy}{dt} \propto P \quad (4)$$

La expresión (4) es igual a: $\frac{dy}{dt} = \lambda P$, donde: λ es la tasa de crecimiento de la población total. En la dinámica de la población, la migración está implícita.

Ahora bien, sustituyendo (1) en (4), se obtiene:

$$\frac{dy}{dt} = \lambda(x + y) \quad (5)$$

Los cambios totales en la población desocupada a través del tiempo son iguales al crecimiento de la población total menos los cambios totales de la población ocupada a través del tiempo. Formalmente se tiene que:

$$\frac{dy}{dt} = \lambda(x + y) - \varepsilon y(z - x) \quad (6)$$

El cambio del empleo formal a través del tiempo es proporcional a la cantidad de empleos formales, es decir, $\frac{dz}{dt} \propto z$.

El cambio del empleo formal a través del tiempo es proporcional a la capacidad real de generación de empleos formales del sistema económico. Formalmente:

$$\frac{dz}{dt} \propto_H \frac{z^2}{x+y} \quad (7)$$

donde H es la propensión marginal de generación de empleos formales: $0 \leq H \leq 1$, $\frac{z^2}{x+y}$ es la capacidad, potencial o máxima, de generación de empleos formales del sistema económico. El cambio total del empleo formal a través del tiempo es igual al crecimiento del empleo formal, donde k es la tasa de crecimiento del empleo, menos el crecimiento de la capacidad real de generación de empleos formales del sistema económico, así:

$$\frac{dz}{dt} = kz - k_H \left(\frac{z^2}{x+y} \right) \quad (8)$$

De lo anterior, se obtiene el sistema de ecuaciones diferenciales que describen la dinámica de retroalimentación entre el sistema poblacional y el sistema económico representado por el nivel de empleo:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \varepsilon y(z - x) \\ \frac{dy}{dt} &= \lambda(x + y) - \varepsilon y(z - x) \\ \frac{dz}{dt} &= kz - k_H \left(\frac{z^2}{x+y} \right) \end{aligned} \quad (9)$$

El sistema (9) es un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales acopladas. Donde hay una dinámica de retroalimentación entre las dos primeras ecuaciones; es decir, entre

la población ocupada y la población desocupada. Esto se observa claramente en la ecuación de la población desocupada (segunda ecuación), cuya dinámica está acotada por la dinámica de la población ocupada (primera ecuación). Además, ambas dependen, a su vez, de la evolución que tiene el nivel de empleo formal a través del tiempo, por lo que existe un proceso de retroalimentación entre el nivel de empleo formal (que representa la actividad económica) y la dinámica de la población (representada por las poblaciones ocupada y desocupada). Además, la tercera ecuación, que describe el crecimiento del empleo formal, tiene un efecto catalítico sobre las dos primeras ecuaciones que refuerzan la dinámica de retroalimentación entre la actividad económica, representada por el nivel de empleo formal, y la dinámica poblacional. Es decir, la variable empleo formal es una variable de control en el modelo.

Sin duda el modelo tiene una solución analítica, pero por fortuna hoy contamos con *software* que nos facilita obtener la evolución (dinámica) de las tres ecuaciones del modelo. En ese sentido, programamos⁸ y corrimos el modelo con el programa de cómputo Matlab (Matrix Laboratory). Estamos conscientes de que se trata de un sistema en R^3 , pero mostraremos la evolución de las variables contra el tiempo en el plano cartesiano. A continuación, mostraremos, con datos hipotéticos, dos escenarios extremos: toda la población desempleada, y el pleno empleo.

Primer escenario: toda la población desempleada

En el primer escenario, se supone que la población total, P , es igual a 100; el valor de la condición inicial de la variable

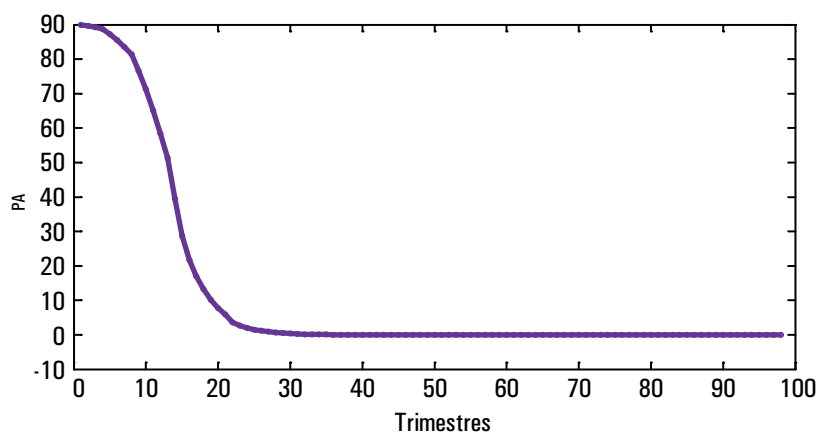
⁸ Agradezco al doctor Ricardo Mansilla Corona su colaboración en la programación del modelo en Matlab.

población ocupada, x , es igual a 90; el valor de la condición inicial de la variable población desocupada, y , es igual a 10; y el nivel inicial de empleo, z , es igual a 0. Es decir, se supone que la actividad económica no genera empleos. Los valores de los parámetros son los siguientes: se supone que el valor de la tasa de crecimiento de la población total, λ , es de 1.2; el valor de la tasa de crecimiento de la población desocupada, ε , es de 0.0042; el valor de la tasa de crecimiento del empleo formal, k , es de 0.0040; y el valor de la propensión marginal de la generación de empleos, H , es de 0.30. Ante estas condiciones de un escenario “pesimista” en cuanto a la dinámica económica, donde no hay generación de empleos, ¿qué ocurre con la dinámica de la población ocupada, la población desocupada y el nivel de empleo? En la gráfica 1, se observa que la población ocupada disminuiría a lo largo del tiempo, hasta alcanzar el valor de cero, después de los primeros 20 trimestres; es decir, después de un periodo de cinco años. El proceso de caída de la población ocupada no es inmediato a causa del valor de la propensión marginal de generación de empleos, H , el cual, si bien es relativamente bajo, no lo es demasiado, lo que prolonga el proceso de caída de la población ocupada hasta después de los cinco años.

En cuanto a la dinámica de la población desocupada, se observa en la gráfica 2 que, al contrario de lo que ocurre con la dinámica de la población ocupada, la desocupada aumentaría a través del tiempo, cubriendo a toda la población aproximadamente en los 25 trimestres; es decir, casi después de seis años.

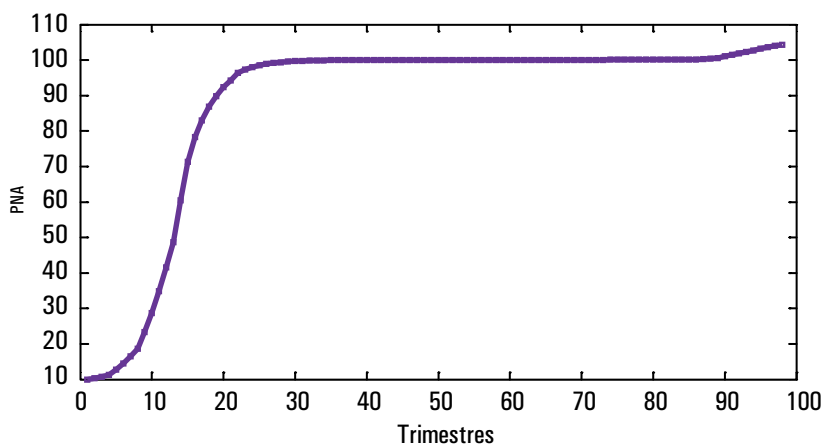
Por último, en estas condiciones, el nivel del empleo se mantendría en cero, tal como se observa en la gráfica 3.

Gráfica 1. Evolución de la población ocupada



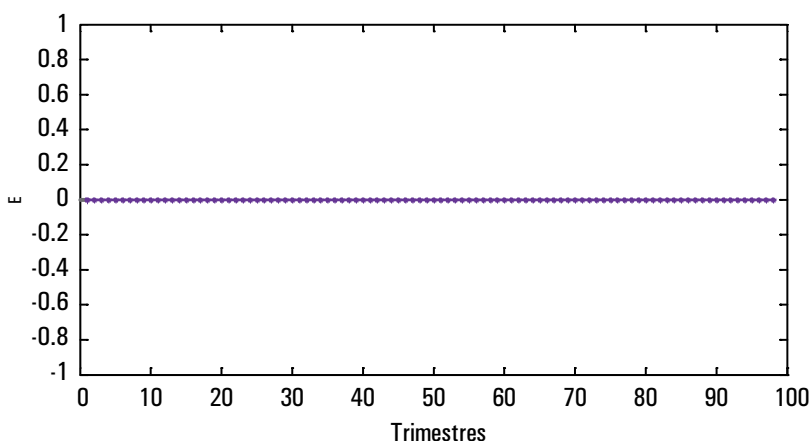
Fuente: elaboración propia con base en la programación del modelo.

Gráfica 2. Evolución de la población desocupada



Fuente: elaboración propia con base en la programación del modelo.

Gráfica 3. Evolución del empleo formal



Fuente: elaboración propia con base en la programación del modelo.

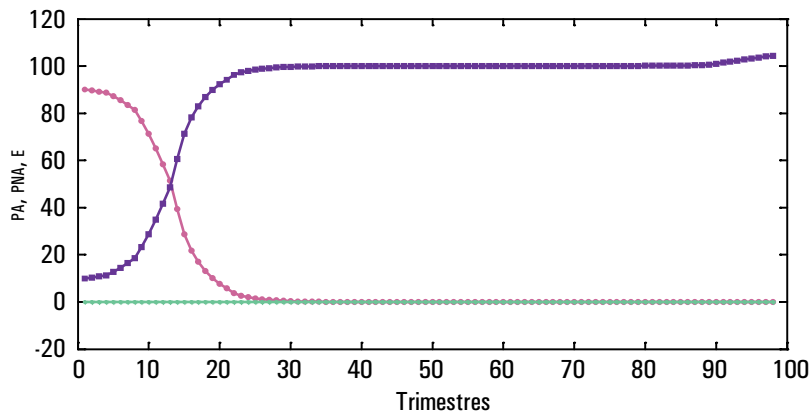
Los resultados negativos de este escenario se explican por el hecho de que el valor de la condición inicial de la variable de control; es decir, del nivel de empleo formal, es cero. Por ello, no tiene ningún efecto catalítico o de reforzamiento favorable en la dinámica de la población ocupada, por el contrario, refuerza negativamente su dinámica, llevándola a alcanzar el valor cero después de un periodo de tiempo. Algo semejante, pero en sentido inverso, ocurre con la dinámica de la población desocupada. Esto se observa claramente al graficar la dinámica de las tres variables juntas, tal como aparece en la gráfica 4.

Segundo escenario: el pleno empleo

En este segundo escenario, al igual que en el primero, se mantuvieron los mismos valores de los parámetros, pero cambiaron las condiciones iniciales de las variables, ahora estamos suponiendo que la actividad económica genera 100

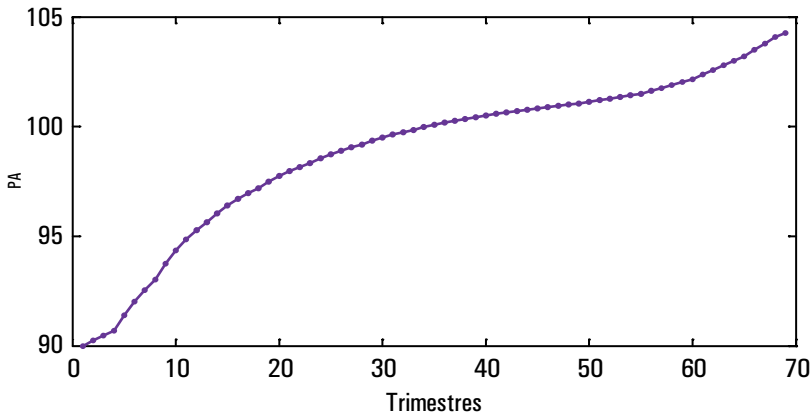
empleos formales. En estas condiciones “optimistas”, se observa que la población ocupada crece, tal como se observa en la gráfica 5.

Gráfica 4. Evolución de la población ocupada, desocupada y empleo formal



Fuente: elaboración propia con base en la programación del modelo.

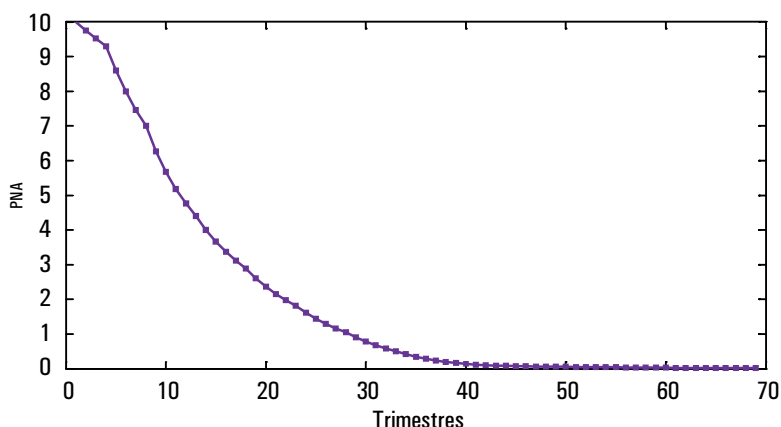
Gráfica 5. Evolución de la población ocupada



Fuente: elaboración propia con base en la programación del modelo.

En cuanto a la población desocupada se observa que, por el contrario de la población ocupada, decrece en el tiempo casi en forma exponencial (véase la gráfica 6).

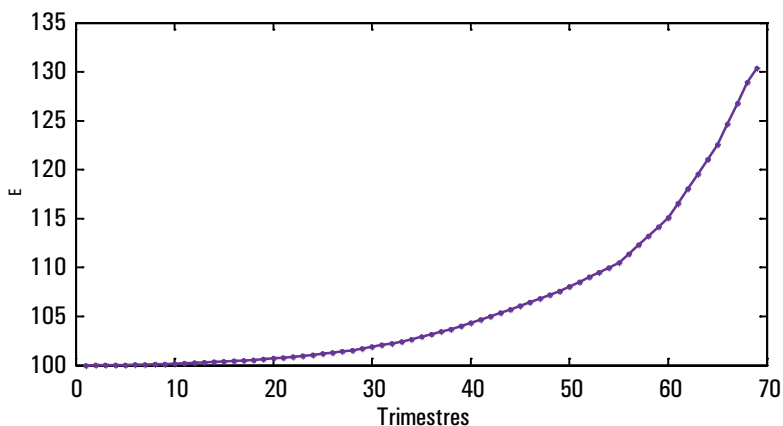
Gráfica 6. Evolución de la población desocupada



Fuente: elaboración propia con base en la programación del modelo.

Esto se debe a que, en estas condiciones, el nivel de empleo crece rápidamente, tal como se observa en la gráfica 7.

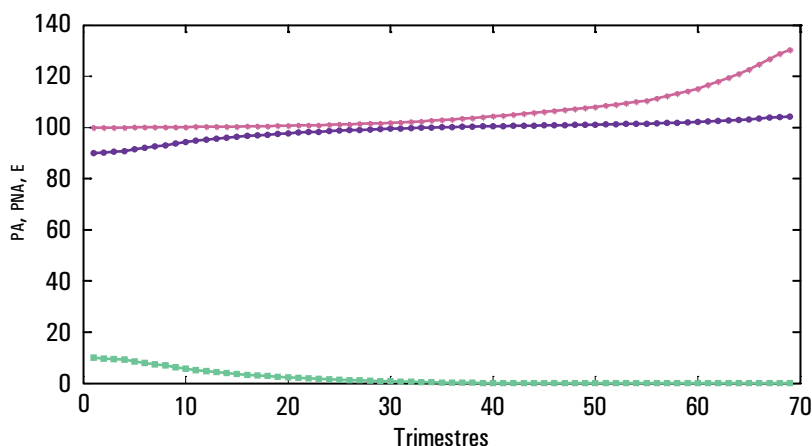
Gráfica 7. Evolución del empleo formal



Fuente: elaboración propia con base en la programación del modelo.

Este escenario muestra que la actividad económica generada por el sistema económico es tal que la población ocupada no se cruza con la población desocupada. Se trata de un escenario “virtuoso”, donde la actividad económica generada al inicio crece rápidamente, de tal forma que el sistema económico, evoluciona y no sólo aumenta la población ocupada y disminuye la población desocupada, sino que, además, genera un *plus* de oferta de trabajo que puede ser cubierto por trabajadores migrantes provenientes de otros países, tal como se observa en la gráfica 8.

Gráfica 8. Evolución de la población ocupada, desocupada y empleo formal



Fuente: elaboración propia con base en la programación del modelo.

De esta forma, los dos escenarios muestran claramente el efecto catalítico o de reforzamiento que tiene la actividad económica (independientemente del modelo de crecimiento que esté detrás) sobre la dinámica de la población. Así, una actividad económica baja que no genera empleos tiene un efecto negativo sobre la dinámica de la población ocupada y un efecto positivo sobre la población desocupada, que conduce a la economía al desempleo total. Por otra parte, una actividad

económica importante, como en el segundo escenario, implica un efecto positivo sobre la población ocupada y un efecto negativo sobre la población desocupada y genera, además, un *plus* de demanda de empleo que puede ser cubierto con fuerza laboral externa.

Entre los dos extremos expuestos hay toda una gama de posibilidades de evolución (dinámica) de las variables que dependen de las condiciones iniciales de las variables (x, y, z) y de los parámetros ($\varepsilon, \lambda, k, H$).

UNA APLICACIÓN DEL MODELO CON DATOS OFICIALES DE LA ECONOMÍA MEXICANA

Para hacer una aplicación de la economía mexicana usando los datos oficiales de la PEA y del empleo remunerado (ER) publicados por el Inegi, renombramos las variables. Sean P la PEA; x PEA0; y la PEANO; z el ER; ε la tasa de crecimiento de la PEANO; λ la tasa de crecimiento de la PEA; k la tasa de crecimiento del ER y H la propensión marginal de generación de ER.

Tenemos los datos para correr el modelo en el cuadro 1.

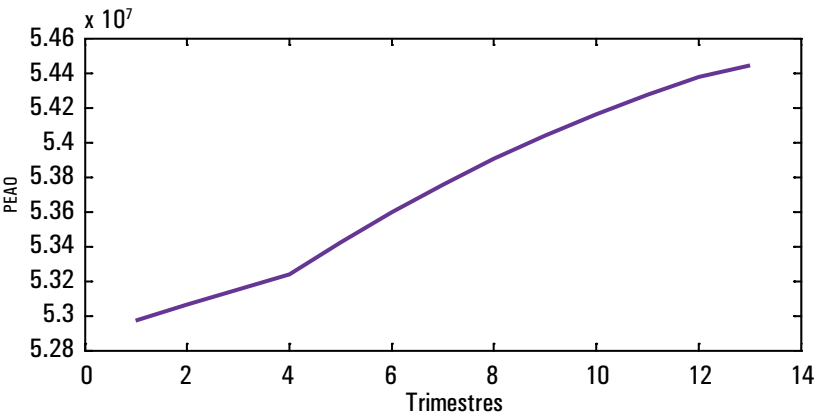
Cuadro 1. Datos oficiales para correr el modelo

Variables y parámetros		
PEA (trimestre 2021-1)	PEA	55 385 133
PEAO (trimestre 2021-1)	PEAO	52 973 270
PEANO Población Económica Activa (trimestre 2021-1)	PEANO	2 411 863
Empleo Remunerado (2021-1)	ER	38 353 402
Tasa de crecimiento de la PEANO	ε	-0.054
Tasa de crecimiento PEA	λ	-0.009
Tasa de crecimiento ER	k	-0.000
Propensión marginal de generación de ER	H	0.375

Fuente: elaboración propia con datos de ocupación <inegi.org.mx>.

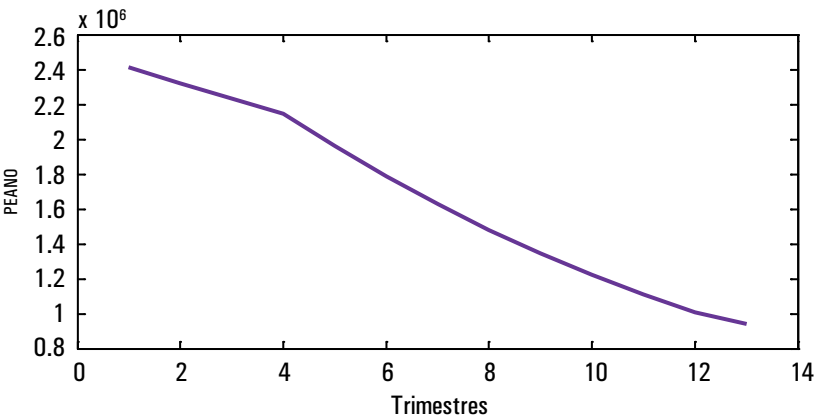
En las gráficas 9 a 11 se muestra la evolución de las variables contra el tiempo, en este caso se trata de trimestres.

Gráfica 9. Evolución de la $PEAO$



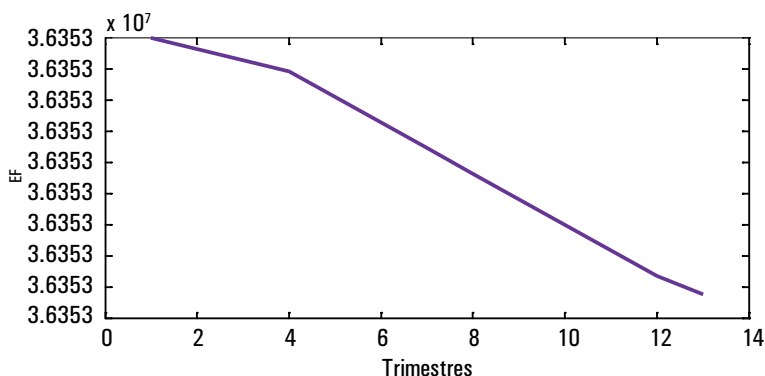
Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo.

Gráfica 10. Evolución de la $PEANO$



Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo.

Gráfica 11. Evolución del EF



Fuente: elaboración propia con base en los resultados del modelo.

Cabe aclarar que las gráficas 9, 10 y 11 representan la evolución de las variables hasta el trimestre 13 (que sería el 2024-1), pero con este tipo de modelos no podemos confiar en un horizonte de predictibilidad tan amplio. En este caso, a reserva de comparar con los datos oficiales (que todavía no los publica el Inegi), sólo haremos la predicción de los trimestres 2021-2, 2021-3 y 2021-4 (véanse cuadro 2 y gráfica 12).

Cuadro 2. Predicción de la evolución de las variables
(semestres 2021-2, 2021-3 y 2021-4)

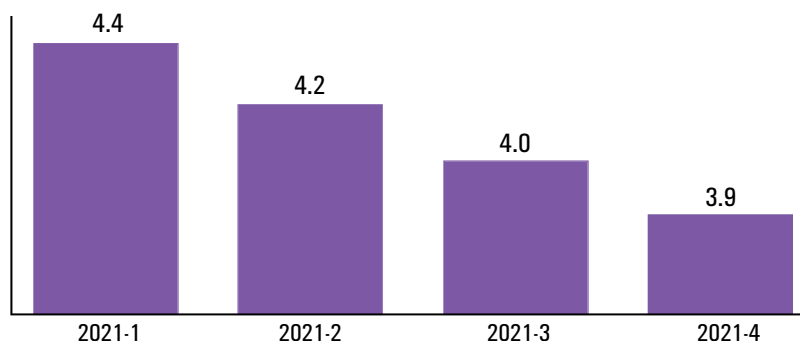
Trimestre	PEAO	PEANO	PEA	TD. Modelo
2021-1	52 973 270	2 411 863	55 385 133.00	4.4
2021-2	53 064 046.24	2 321 086.74	55 385 132.98	4.2
2021-3	53 151 922.70	2 233 210.26	55 385 132.96	4.0
2021-4	53 236 899.49	2 148 233.44	55 385 132.94	3.9

Fuente: elaboración propia con base en los resultados arrojados por el modelo.

En el trimestre 2021-1 aparecen las condiciones iniciales, las cuales fueron tomadas del cuadro 1 para correr el modelo;

en los trimestres de 2021-2 a 2021-4 aparecen los datos arrojados por el modelo.

Gráfica 12. Predicción de la tasa de desempleo



Fuente: elaboración propia con base en el cuadro 2.

Interpretación: en los próximos tres trimestres del 2021 la tasa de desempleo descenderá, excepto si ocurre un evento extraordinario como un *crack* financiero, una epidemia de larga duración como la de covid-19 o una guerra, entre otros.

DISCUSIÓN

1. El modelo aquí presentado no es macroeconómico; es un modelo socioeconómico inspirado en la propuesta metodológica de la teoría de la complejidad aplicada a las ciencias sociales de Peter M. Allen. Principalmente —por medio de un sistema de tres ecuaciones diferenciales y cuatro parámetros—, se intentó modelar la dinámica de retroalimentación entre la población y el empleo.
2. Otro aspecto que vale la pena destacar es que a la aplicación de la matemática en el análisis de fenómenos

reales, por lo general, se le relaciona con la obtención de un resultado numérico que nos ayude a cuantificar. En este sentido, modelar un fenómeno con sistemas de ecuaciones diferenciales es diferente: este método nos ayuda más para hacer análisis cualitativo.

3. No obstante, al observar las tendencias de las variables (PEAO y PEANO), utilizamos la fórmula para calcular la tasa de desempleo (TD), pero en el corto plazo. Sólo falta esperar a que el Inegi publique los resultados de la TD para los siguientes tres trimestres para verificar el horizonte de predictibilidad del modelo.
4. En caso de que el modelo haga una buena predicción, así sea en el corto plazo, también puede ser usado para plantear escenarios como el del pleno empleo, lo cual se logra “jugando” con los valores de los parámetros y las variables. A partir de dichos escenarios, se pueden hacer propuestas a quienes toman las decisiones en el mercado laboral mexicano.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, P. M. [1997], *Cities and regions as self-organizing systems. Models of complexity*, Amsterdam, Gordon and Breach Science Publishers.
- Dostaller, G. [2012], *Keynes y el desempleo*, Madrid, Ediciones Maia.
- Kalecki, J. M. [(1971) 1984], *Ensayos escogidos sobre dinámica de la economía capitalista*, México, FCE.
- Keynes, J. M. [(1936) 2003], *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*, México, FCE.
- Malthus, T. R. [(1798) 1998], *Ensayo sobre el principio de la población*, México, FCE.
- Marx, K. [(1867) 1994], *El Capital. Crítica de la economía política*, México, FCE.

- Prigogine, I. [1987], *La estructura de lo complejo*, Madrid, Editorial Alianza.
- Ricardo, D. [(1817) 2004], *Principios de economía política y tributación*, México, FCE.
- Smith, A. [(1779) 2009], *Una investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones*, Madrid, Tecnos.
- Zaragoza, J. y R. Mansilla [2017], “La dinámica de la PEA en la ZMCM: aplicación de un modelo dinámico no lineal”, *Inter Disciplina*, vol. 5, núm. 12: 57-94, disponible en <<https://bit.ly/3LxCdFD>>.
- Zaragoza, J., E. Acatitla y R. Mansilla [2019], “Una propuesta teórica de la retroalimentación entre la población y el empleo”, en R. L. Mansilla y R. M. Mendoza (coords.), *Actas de economía y complejidad II*, México, CEIICH-UNAM.

MESOGRAFÍA

<<https://www.revistas.unam.mx/index.php/inter>>
 Ocupación (inegi.org.mx)

5. DIVERSIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE VIDA EN LOS HOGARES RURALES DE MÉXICO: UNA APLICACIÓN CON EL MODELO POISSON GENERALIZADO

Uberto Salgado Nieto

INTRODUCCIÓN

Los hogares rurales realizan diferentes actividades para allegarse los recursos necesarios que les permitan conseguir el sustento diario o mejorar su situación económica; sin embargo, la capacidad de estos hogares para llevar a cabo una variedad de emprendimientos laborales y/o productivos dependerá de los contextos estructurales y los activos tangibles e intangibles con los que cuente [Ellis, 2008].

En algunos trabajos, como en el de Buchenrieder *et al.* [2007], se señala que los hogares rurales de los países en vías de desarrollo han diversificado sus ingresos desempeñando actividades fuera de la esfera agropecuaria; al respecto, en México los ingresos derivados de las labores no agropecuarias han incrementado su participación sobre el flujo corriente de ingresos en los hogares rurales, que aportan cerca de 49 % del ingreso total [Yúnez y Cerón, 2015].

Esta situación se explica en gran medida porque el Estado mexicano aplicó un conjunto de reformas económicas de corte neoliberal en el campo a inicios de la década de 1980, con el objetivo de reducir la participación del Estado en las actividades productivas del sector agropecuario, y que este lograra

transitar hacia un contexto de libre mercado; por ejemplo, se buscó transformar el esquema de subsidios a la producción vía precios e insumos hacia uno orientado al apoyo directo sobre los ingresos de los productores; un ejemplo de esto fue que en 1993 se creó el programa de apoyos para el campo (Procampo), que otorga un apoyo monetario fijo por cada hectárea de tierra que poseen los productores agrícolas y, a causa de esto, los grandes productores con amplias extensiones de tierra fueron los más beneficiados [Zarazúa *et al.*, 2011].

Este conjunto de políticas, que afectó en mayor medida a los pequeños productores, tuvo graves repercusiones para el campo mexicano, pues si bien en 1980 se tenía el registro de que los pequeños minifundios controlaban 90 % del territorio mexicano [Macías, 2013], en la actualidad, cerca de 71 % de las unidades agrícolas se compone de pequeños productores (que poseen hasta 10 hectáreas o menos de superficie), unidades en las que labora 23 % de personas que no perciben un ingreso y que se relacionan con el trabajo familiar, donde sólo 9 % de estas unidades consiguieron obtener algún crédito y 5 % lograría asegurar su producción (según cifras de la Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA de 2017), dato de gran importancia sobre todo si se considera que 79 % de la superficie agrícola en México no cuenta con acceso a sistemas de riego, y que, por tanto, está expuesta a los embates del cambio climático [Inegi-Sagarpa, 2018].

Otro elemento a tener en cuenta fue la firma del Tratado de Libre Comercio con América del Norte (TLCAN), que promovió una apertura comercial de los productos agrícolas; bajo este tratado, los campesinos mexicanos se vieron forzados a competir en condiciones totalmente asimétricas contra los granjeros estadounidenses; un ejemplo de esto se refleja en la gran diferencia que existe en los niveles de productividad entre los productores de ambos países, ya que en 1990 la productividad de la agricultura mexicana era 8.5 veces inferior a la estadounidense, brecha que se profundizaría aún

más, pues para 2006 la productividad de los campesinos estadounidenses fue 11.5 veces superior [Puyana y Romero, 2009]. La desgravación arancelaria de los productos agropecuarios importados ha provocado una pérdida en la autosuficiencia alimentaria del país y la eliminación de 4.9 millones de empleos en el campo [Pérez, 2014]; ante esta situación, los hogares rurales se vieron forzados a buscar fuentes de ingresos alternativas a la producción agropecuaria, ya sea mediante la migración y/o la diversificación de actividades productivas.

En este sentido, se requiere profundizar en el análisis sobre los factores que posibilitan a los hogares rurales una diversificación productiva que les asegura un flujo de ingresos; y para conseguir esto, es necesario recurrir al enfoque de los medios de vida, el cual se define como las capacidades, activos (materiales y sociales) y actividades con los que cuentan los hogares para conseguir los sustentos necesarios para la vida cotidiana [Carney, 1998].

Con este enfoque como marco de análisis, en la presente investigación se busca identificar cuáles son los factores que facilitan a un hogar rural diversificarse a partir de considerar que ellos pueden desarrollar principalmente seis tipos de actividades productivas que les generan un ingreso, las cuales son: la creación de negocios agropecuarios y no agropecuarios, la búsqueda de un empleo que les genere salariales agropecuarios y no agropecuarios, las remesas internacionales y los ingresos derivados de otros trabajos.¹ Para tal propósito, se estimará un modelo econométrico con datos de Conteo conforme a la regresión de Poisson generalizada para resolver problemas con la subdispersión en los datos, y así obtener parámetros insesgados; este modelo utiliza información obtenida a partir de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) de 2018.

¹ De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto en los Hogares de 2018, esta categoría hace referencia a empleos que son remunerados con pagos en especie.

El presente capítulo se divide en cuatro secciones, en la primera se revisa brevemente el enfoque de los medios de vida bajo el esquema de los capitales o activos que poseen los hogares; en la segunda sección se describe la metodología de la regresión de Poisson generalizada que será utilizada para analizar los factores que explican la diversificación productiva en los hogares rurales; en la tercera se analizan y discuten los resultados obtenidos del modelo econométrico y, finalmente, se presentan las conclusiones.

CAPITALES Y CAPACIDADES, ANÁLISIS DE LOS DETERMINANTES DE LA DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA EN LOS HOGARES RURALES

Existen diversos trabajos que han tratado de analizar los factores que explican la diversificación de las actividades productivas en los hogares rurales, considerando que estos pueden realizar actividades tanto dentro como fuera de la esfera productiva agropecuaria; algunos de esos trabajos se han centrado sólo en los aspectos socioeconómicos que resaltan factores como las transferencias del gobierno, los niveles de empleo, la propiedad de tierras o animales y los retornos salariales de las actividades no agropecuarias [Bragg y Dalton, 2004; Foltz, 2004]; mientras que otro conjunto de investigaciones se han orientado hacia el peso de los factores demográficos y consideran aspectos como la edad del jefe de familia, su condición marital, el género, el tamaño de la familia o el número de hijos [Glauben *et al.*, 2006; Väre y Heshmati, 2004]. Sin embargo, en los estudios referidos no se realiza un análisis integral de todos los factores que en su conjunto incidirían sobre las decisiones que toman los hogares rurales para desarrollar una o más actividades productivas, ya sea fuera o dentro del ámbito agropecuario.

En este sentido, el enfoque de los medios de vida facilita la comprensión de los diversos factores que incidirían de

manera significativa sobre las actividades que desempeña un hogar, puesto que este marco de análisis permite organizar los factores que restringen o facilitan la adopción de un medio de vida, y de esta manera, es posible evaluar la diversidad de actividades productivas que un hogar puede implementar [Serrat, 2017].

Este enfoque tiene diversas vinculaciones con temas económicos, porque el hecho de que un individuo decida cultivar sus tierras con un tipo de producto en lugar de otro, o decida fabricar ladrillos o elaborar cerveza, al realizar esto está tomando decisiones económicas, aunque las toma bajo ciertas limitaciones y contextos socioeconómicos. Estas decisiones son severamente afectadas por la estructura y el funcionamiento del mercado, ya que el desempeño que tenga el mercado dependerá de diversos factores que van desde las políticas públicas, la aplicación de las normas o leyes, libertad de movimiento de personas y mercancías, la dotación de recursos naturales, etc.; dichos factores estructurales provocan que los hogares incurran en costos de transacción al elegir entre una u otra estrategia dependiendo de los activos o capacidades con los que cuentan para poder emprender alguna actividad con la cual obtengan ingresos [Carney, 2003].

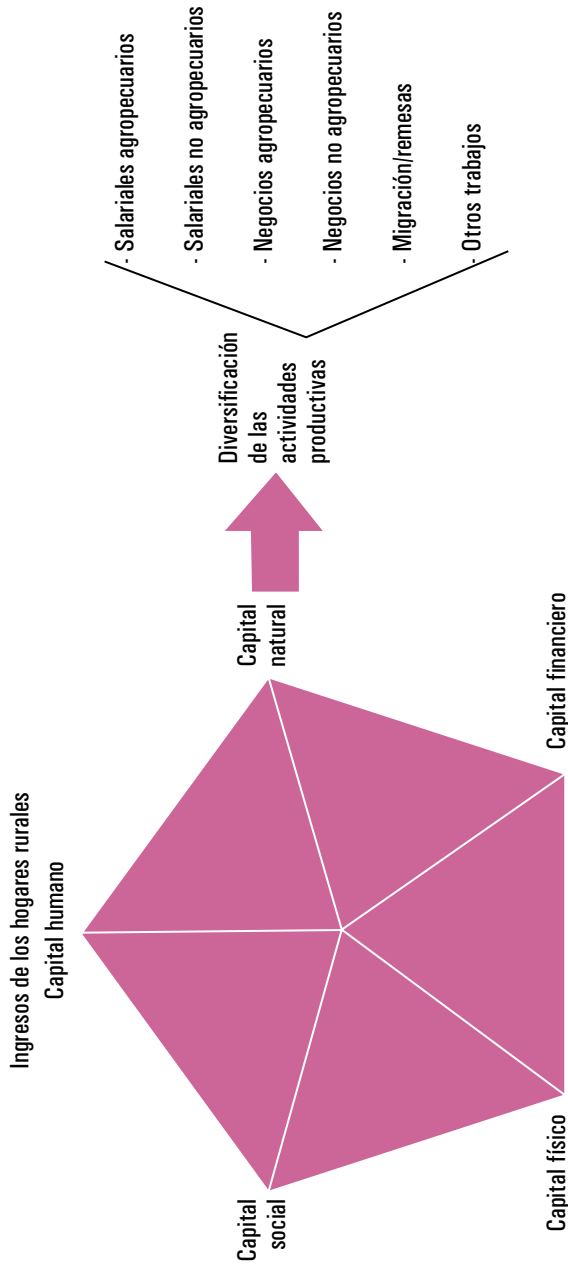
Al referirse a un medio de vida de un hogar se están considerando las capacidades, activos y actividades que desempeña un hogar para allegarse recursos con los cuales hacer su vida cotidiana; en este sentido, los hogares dan prioridad al cumplimiento de una actividad específica teniendo en cuenta la dotación de activos con los que cuentan, activos que se convierten en capitales cuando son utilizados para generar un producto o un ingreso, los cuales pueden dividirse en cinco tipos de capitales [Ellis, 2008], que son:

El financiero: este activo considera actividades que les permiten hacerse de recursos monetarios para cumplir sus proyectos de vida, comprende elementos como el acceso a los mercados, los ingresos, acceso al crédito, el ahorro, etc. [Sánchez-Zamora,

Gallardo-Cobos, y Ceña-Delgado, 2014]. *El humano*: indica cuáles son las habilidades, la fuerza laboral saludable y capacitada con la que cuentan los hogares, teniendo en cuenta los factores educativos, demográficos y de salud en el hogar [Frankenberger, Mueller, Spangler *et al.*, 2013]. *El físico*: abarca la infraestructura básica en la provisión de servicios en los hogares (comunicación, transporte, etc.) y la utilizada en la producción agropecuaria. La evidencia empírica señala que los medios de transporte son muy importantes para definir los medios de vida [Ulrich *et al.*, 2012]. *El social*: señala el grado de asociación y cooperación que existe en el medio rural, el cual es factor clave para la organización comunitaria y las relaciones entre los hogares [Barbieri y Mahoney, 2009]. *El natural*: representa el repertorio de recursos naturales que son empleados para llevar a cabo las diversas estrategias de medios de vida de los habitantes en una región, donde variables como la tierra o la vida silvestre han sido utilizadas en diversos estudios para representar este tipo de capital [Fierros y Ávila-Foucat, 2017].

Es posible esperar que los hogares rurales presenten distintas configuraciones sobre las dotaciones de capitales con las que cuentan, y que a raíz de esto podrán desempeñar una o más actividades productivas; es decir, los activos con los que cuentan representan una barrera de entrada para adoptar una nueva actividad generadora de ingresos [Ellis, 2008]; teniendo esto en cuenta, en el presente trabajo se considera el enfoque de los capitales o activos que poseen los hogares rurales y su vinculación con la diversificación productiva a partir de considerar que pueden efectuar una o hasta seis de las actividades productivas que se consideran en el diagrama 1.

Diagrama 1. Enfoque de los capitales en la diversificación productiva de los medios de vida en los hogares rurales



Fuente: elaboración propia con base en Ellis [2008].

Diversas investigaciones han empleado el marco de los medios de vida que utilizan el enfoque de los capitales para analizar los determinantes que explican la diversificación productiva en los hogares rurales; en el trabajo de Ávila-Foucat y Rodríguez-Robayo [2018], se presenta un estudio de caso con información de viviendas que se ubican en cuatro comunidades costeras de Oaxaca autoras utilizaron un modelo logístico para conocer cuáles son los factores que incrementan las probabilidades de que un hogar se diversifique productivamente, esto lo consiguen a partir de construir una variable dependiente que tiene valores cero para los hogares que realizaban una sola actividad y un valor igual a uno para aquellos hogares que reportaban dos o más actividades; sin embargo, ese enfoque no captura de manera adecuada la magnitud de la diversificación productiva que pueden implementar algunos hogares rurales, pues bajo esa técnica el comportamiento que tienen los hogares que desempeñan dos actividades es similar al que tendrían los hogares que realizan tres, cuatro, o más actividades al agruparlos a todos bajo una misma categoría (valor uno en la variable dependiente).

Con el objetivo de capturar de mejor manera la magnitud de los niveles de diversificación en los hogares rurales, se propuso aplicar modelos logísticos ordenados que consideran una variable dependiente que representa un conjunto de categorías relacionadas con el número de actividades productivas que se llevan a cabo en el hogar; es decir, existe una etiqueta específica para los hogares con una sola actividad, que se diferencia de los que desempeñan dos, otra específica para los que ejecutan tres, otra para cuatro actividades, y así sucesivamente; en este sentido, los trabajos de Ayana *et al.* [2021] y Lorato [2019] utilizaron este tipo de modelos econométricos para analizar los determinantes de la diversificación productiva de

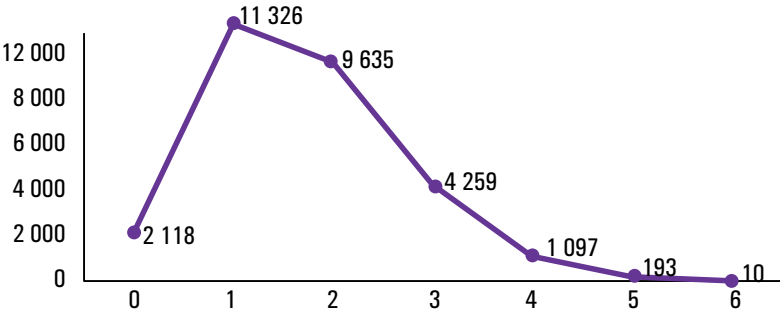
los hogares rurales del sur y del oeste de Etiopía, respectivamente; no obstante, en este tipo de estimaciones es muy común que se viole el supuesto de proporcionalidad en regresiones paralelas.

El supuesto de la proporcionalidad entre los porcentajes de los momios de probabilidad (*odds ratios*) del modelo logístico ordenado (o supuesto de las regresiones paralelas), se explica después de considerar que el modelo logístico ordenado es una extensión del modelo logístico binario, donde la variable de respuesta toma valores con arreglo a un conjunto de categorías ordenadas. Por lo tanto, este modelo se podría representar como una serie de regresiones logísticas con una variable dependiente binaria y parámetros de regresión en común que reflejan la proporcionalidad en los momios de probabilidad entre las distintas regresiones (lo que equivale a comparar la proporcionalidad entre las distintas categorías); si la cantidad de observaciones se concentra sólo en una de las categorías de la variable dependiente, esto provoca que la proporcionalidad en los momios no sea equitativa entre las distintas regresiones, por lo que la estimación de parámetros se sesgará hacia la categoría con los mayores niveles de participación en el modelo y esto afectará el ajuste del modelo [Brant, 1990].

Este tipo de comportamiento se observó en los datos sobre la diversificación de las actividades productivas de los hogares rurales en México, pues, a partir de la Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares para el 2018, se obtuvo información de 28 638 hogares ubicados en localidades rurales con menos de 2 500 habitantes; para estudiar la diversificación productiva de esos hogares, se analizó la cantidad de actividades que desempeñaban conforme a la clasificación que se presentó en el diagrama 1. Los resultados se presentan en la gráfica 1, en la cual se observa que 7.4 % de los hogares no se dedica a ningún tipo de actividad productiva y percibe ingresos mediante las

transferencias de gobierno, pensiones, becas, contratos de arrendamiento, etc., en tanto que cerca de 39.5 % de los hogares realiza sólo una actividad productiva y 33.6 % lleva a cabo hasta dos actividades, mientras que los hogares que realizan tres o más actividades representan cerca de 20 % del total de la muestra.

Gráfica 1. México. Número de actividades que realizan los hogares rurales, 2018



Fuente: elaboración propia con base en datos de la ENIGH, 2018.

Toda vez que en la gráfica 1 se observan amplias diferencias entre los distintos números de actividades, y dado que en un modelo logístico ordenado cada número de actividades representaría a cada categoría de la variable dependiente, es posible que el supuesto de las regresiones paralelas no se logre validar con este patrón observado; por tanto, se propone analizar esta información conforme a un modelo con datos de conteo.

Modelos con datos de conteo

En los modelos con datos de conteo, se observa que el resultado de interés es un número entero no negativo, o un

recuento, denotado por la variable dependiente y , donde $y \in N_0$; que tiene por objetivo analizar a y en un entorno de regresión, dado un vector de K regresores x , y como la variable de respuesta es discreta, su distribución coloca la probabilidad sólo en valores enteros no negativos.

Las formulaciones paramétricas de modelos de conteo consideran que $y \geq 0$, y que los datos observados responden a determinada ley de probabilidad (distribución); los modelos con datos de conteo son no lineales, puesto que $E(y|x)$ es generalmente una función no lineal, comúnmente una función de índice único como, por ejemplo, $\exp(x'\beta)$ [Cameron y Trivedi, 2005].

Es necesario tener en cuenta que la variable dependiente tiene ciertas características como que sus valores no tienen límite superior, considera sólo valores cero y aquellos que son estrictamente positivos; donde se busca estimar a y en función de un conjunto de características x , eligiendo formas funcionales que “garanticen” la obtención de valores positivos.

El punto de partida natural para analizar los datos de conteo es el modelo de Poisson, el cual considera una función de índice único representada por una distribución univariada de Poisson, denotada por $\text{Poisson}(y|\mu)$, para el número de ocurrencias del evento y durante un periodo de exposición fijo y tiene la función de probabilidad:

$$\Pr(Y = y) = \frac{e^{-\mu} \mu^y}{y!}, \quad y = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Donde μ es un número positivo que representa el número de veces que se espera que ocurra el evento durante un intervalo dado; y es el número de ocurrencias del evento (brinda la probabilidad de que el evento suceda y número de veces). Donde los dos primeros momentos de esta distribución son:

$$E(y) = \mu \quad y \quad \text{Var}(y) = \mu$$

En este sentido, la media es $\mu = \exp(\alpha'_j \beta)$ para asegurar que $\mu > 0$, lo cual implica que existe una igualdad entre la media y la varianza, condición que se conoce como la propiedad de equidispersión en la distribución de Poisson [Wooldridge, 2010].

Si las n observaciones son independientes, y como los valores de y pertenecen al conjunto de números con valores enteros positivos, es posible estimar los parámetros por medio del método de máxima verosimilitud, para lo cual es necesario definir a su función de verosimilitud como:

$$l(\mu, y_1, \dots, y_N) = \prod_{j=1}^N \exp^{(-\mu)} \frac{1}{y_j!} \mu^{y_j} \quad (2),$$

que al aplicarle los logaritmos a (2), se obtiene:

$$\begin{aligned} l(\mu, y_1, \dots, y_N) &= \ln \left(\prod_{j=1}^N \exp^{(-\mu)} \frac{1}{y_j!} \mu^{y_j} \right) \\ &= \sum_{j=1}^N \ln \left(\exp^{(-\mu)} \frac{1}{y_j!} \mu^{y_j} \right) \\ &= \sum_{j=1}^N [\ln(\exp^{(-\mu)}) - \ln(y_j!) + \ln(\mu^{y_j})] \\ &= \sum_{j=1}^N [-\mu - \ln(y_j!) + y_j \ln(\mu)] \end{aligned}$$

Que se puede establecer en su forma equivalente:

$$l(\mu, y_1, \dots, y_N) = \sum_{j=1}^N [-\exp^{(\alpha'_j \beta)} - \ln(y_j!) + y_j \ln(\exp^{(\alpha'_j \beta)})]$$

Reordenando términos:

$$l(\mu, y_1, \dots, y_N) = \sum_{j=1}^N [y_j x_j' \beta - \exp^{(x_j' \beta)} - \ln(y_j!)] \quad (3)$$

se maximiza (3) respecto a β por medio de las condiciones de primer orden y se obtiene:

$$\frac{\partial \log(L)}{\partial \beta} = \sum_{j=1}^N [y_j - \exp^{(x_j' \beta)}] x_j' = 0$$

Ya que no es factible encontrar una solución analítica, se recurre a métodos iterativos, tal como el método Newton-Rapson que converge rápidamente a un máximo global [Cameron y Trivedi, 2010].

En la práctica, es común que la variable dependiente en un modelo con datos de conteo no cumpla con la propiedad de equidispersión, es decir que $Var(y | x) = E(y | x)$; por lo general, lo que se observa es que la varianza tiende a ser superior a la media, situación que se conoce como sobredispersión en los datos. Esta situación suele resolverse utilizando la distribución de la binomial negativa como la función de índice único en un modelo con datos de conteo, pues esta función tiene una varianza cuadrática y, por tanto, es más consistente cuando está presente la sobredispersión en los datos [Cameron y Trivedi, 2010].

Como una primera aproximación al análisis de la propiedad de equidispersión en los datos observados de la ENIGH, 2018, sobre la diversificación productiva de los hogares rurales, se presentan en el cuadro 1 las estadísticas descriptivas de la variable dependiente del modelo a desarrollar, la cual hace referencia al conteo o número de actividades productivas de estos hogares y se observa que en este caso la varianza fue inferior al valor de la media. Esta situación se conoce como

subdispersión en los datos y es un fenómeno que se presenta con menos frecuencia en las metodologías que utilizan datos de conteo [Wooldridge, 2010].

Cuadro 1. México. Estadísticas descriptivas sobre el número de actividades productivas que realizan los hogares rurales, 2018

Variable	Obs	Media	Varianza	Min	Máx
diversif	28 638	1.703541	0.97164727	0	6

Fuente: elaboración propia con base en datos de la ENIGH, 2018.

Dado que no es posible garantizar la propiedad de equi-dispersión en los datos, estimar los parámetros conforme al modelo de Poisson produciría un sesgo en el cálculo de dichos parámetros y en los errores estándar asociados con esos estimadores, con lo cual se perdería la credibilidad en los resultados obtenidos.

En este sentido, Harris *et al.* [2012] proponen un método de estimación de conformidad con un modelo de Poisson generalizado, que se puede aplicar correctamente ante la presencia de subdispersión, sobredispersión o equidispersión en los datos de conteo, pues este modelo asume que la variable dependiente tiene una función de probabilidad:

$$f(y; \mu, \delta) = \frac{\mu(\mu + \delta y)^{y-1} e^{-\mu-\delta y}}{y!}, y = 0,1,2, \dots \tag{4}$$

donde $\mu > 0$ y $\max(-1, -\mu/4) < \delta < 1$; la media y varianza de la variable dependiente y en el modelo Poisson generalizado se denotan como:

$$\mu = E(y) = \frac{\mu}{1 - \delta}, \text{ var}(y) = \frac{\mu}{(1 - \delta)^3} = \frac{\mu}{(1 - \delta)^2} E(y) = \Phi E(y) \tag{5}$$

El término $\phi = 1/(1 - \delta)^2$ representa el factor de dispersión; por tanto, es muy fácil ver que cuando $\delta = 0$ existe equidispersión y la función de probabilidad del modelo Poisson generalizado (4) se transforma en la función de probabilidad del modelo de Poisson (1). Ahora bien, cuando $\delta > 0$, se presenta la sobredispersión en los datos y de manera análoga cuando $\delta < 0$ existe subdispersión, y en este sentido δ funge como un ponderador que corrige ese tipo de comportamiento en la información; debido a esto, en la presente investigación se recurre a este método para estimar los parámetros aun en presencia de subdispersión en los datos.

La función de verosimilitud y el logaritmo de la función de verosimilitud de (4) están definidos como:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} &= \prod_{j=1}^N \mathcal{L}(\mu_j, \delta; y_j) = \sum_{j=1}^N \ln \mathcal{L}(\mu_j, \delta; y_j) \\ &= \sum_{j=1}^N \{ \ln \mu_j + (y_j - 1) \ln (\mu_j + \delta y_j) - (\mu_j + \delta y_j) - \ln y_j! \} \quad j = 1, \dots, N; y = 0, 1, 2, 3, \dots \end{aligned}$$

donde j se refiere al número de observaciones, y la variable y al número de conteos; sobre esta última ecuación, Harris *et al.* [2012] mencionan que las covarianzas se pueden introducir a la regresión por medio de:

$$\log \frac{\mu}{1 - \delta} = \sum_{r=1}^P x_{jr} \beta_r \quad (6)$$

Al respecto, x_{jr} es la observación j -ésima de la r -ésima covarianza y P se asocia al número total de regresores en el modelo, que en el caso del modelo a utilizar en este trabajo x_{jr} se refiere a las variables asociadas a los capitales con los que cuentan los hogares, y β_r se refiere al r -ésimo parámetro de la ecuación.

Para detallar cuáles son las variables que se incorporaron en la estimación, en la siguiente sección se detallan las covarianzas incorporadas y los resultados obtenidos a partir de la aplicación del modelo Poisson generalizado.

Con la finalidad de analizar los determinantes de la diversificación productiva de los hogares rurales en México, se consideró la información que provenía de los microdatos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares de 2018. Con una muestra de 28 638 hogares rurales, se llevó a cabo la estimación de un modelo Poisson generalizado considerando a la variable dependiente (diversif) como los conteos de las actividades productivas que pueden realizar los hogares rurales (véanse diagrama 1 y gráfica 1) y que se asocian con la diversificación productiva; y considerando el enfoque de capitales de los medios de vida, se estableció un conjunto de variables independientes. En aplicación de una metodología de modelación de lo general a lo particular, se consideraron inicialmente 25 regresores en la estimación; sin embargo, se redujo la cantidad de estos a 13 para preservar la parsimonia del modelo dejando sólo aquellos que fueron estadísticamente significativos a un nivel de 5 o 10 por ciento.

En el caso del capital humano, se tomaron en cuenta las variables “sin comida” que toma el valor uno si el hogar se quedó sin alimentos en el último trimestre; según la información arrojada por los datos, cerca de 14 % de los hogares rurales padecieron hambre; “educación básica” y “educación media” hacen referencia a la cantidad de integrantes del hogar que tienen edades por arriba de los 15 años y que cuentan con educación básica y media; “afiliados salud” se refiere al número de miembros del hogar en alguna institución de salud pública; las variables “hombres” y “de 12 a 64 años” indican la cantidad de hombres y miembros del hogar que se pueden ubicar en una edad laboral.

Para el caso del capital fijo, los regresores son: “minutos al hospital”, que hace referencia al tiempo que les toma a los

miembros del hogar llegar al hospital más cercano; se reporta que el promedio fue de 17.3 minutos, y “número de *pickups*”, que es la variable que indica la cantidad de camionetas de carga con las que cuenta un hogar.

El capital financiero se compone de la variable “tarjeta de crédito”, que es binaria y toma el valor uno si algún miembro del hogar cuenta con una tarjeta bancaria o comercial; los datos arrojan que la banca tiene una participación baja en el ámbito rural, ya que sólo 12 % de los hogares contaba con acceso a ese tipo de crédito.

En el capital social se consideraron las variables “facilidad de préstamo”, que se construyó a partir del número de integrantes del hogar que consideran que les resultaría fácil o muy fácil obtener un préstamo monetario de algún familiar, amigo o conocido; “familiar migrante” es una variable dicotómica que toma el valor uno si ese hogar cuenta con un familiar migrante que envía remesas desde el extranjero. Ambas variables se relacionan con el peso de las redes sociales y el apoyo de la comunidad para resolver alguna contingencia.

El capital natural incluye dos variables: “leña”, que toma el valor uno si el hogar tiene acceso a recursos maderables como una fuente de energía primaria para el hogar; “tierra”, que es una variable binaria que toma el valor uno si el hogar tiene acceso a tierras con fines productivos.

Estas variables representan las características que poseen los hogares, y, a partir de las diversas dotaciones con las que cuentan los hogares, estos podrán mostrar distintos niveles de diversificación productiva. En el cuadro 2, se observan las estadísticas descriptivas de las variables consideradas en el modelo.

Cuadro 2. México. Estadísticas descriptivas de las variables consideradas en el modelo sobre los determinantes de la diversificación productiva en los hogares rurales

Variable	Obs.	Media	Desv. stdr.	Mín.	Máx.
Diversif	28 638	1.703541	0.9857217	0	6
Capital humano					
Sin comida	28 638	0.1434458	0.350533	0	1
Educación básica	28 638	1.569418	1.297916	0	12
Educación media	28 638	1.019659	1.074875	0	9
Afiliados salud	28 638	1.022243	1.554864	0	14
Hombres	28 638	1.840527	1.184291	0	10
De 12 a 64 años	28 638	2.523989	1.54879	0	13
Capital fijo					
Minutos al hospital	28 638	17.34856	15.42653	0	59
Número de <i>pickups</i>	28 638	0.1957888	0.4433636	0	5
Capital financiero					
Tarjeta de crédito	28 638	0.1411411	0.3481732	0	1
Capital social					
Facilidad de préstamo	28 638	0.9598436	1.070446	0	9
Familiar migrante	28 638	0.0950136	0.2932389	0	1
Capital natural					
Leña	28 638	0.9544312	0.2085517	0	1
Tierra	28 638	0.1577624	0.3645244	0	1

Fuente: elaboración propia con base en datos de la ENIGH, 2018.

Puesto que es muy común que se presenten problemas de heterocedasticidad en las estimaciones microeconómicas, se utilizaron errores estándar robustos para controlar el efecto que tendría la varianza sobre la construcción de los

estadísticos que se utilizan para los contrastes de significación individual en los regresores [Cameron y Trivedi, 2010]. En el cuadro 3, se observan los resultados de la estimación Poisson generalizada; al final de la tabla, se presentan algunos estadísticos sobre las métricas de bondad de ajuste del modelo, que indican que todos los regresores en su conjunto son estadísticamente significativos y aportan información para explicar el comportamiento de la variable dependiente; además, se puede observar la prueba LR sobre el parámetro delta (δ), la cual rechaza la hipótesis nula sobre la existencia de equidispersión en los datos, y tal como se constata en la tabla, el coeficiente del estadístico delta (δ) presenta un signo negativo, resultado de la subdispersión en los datos y que el método de estimación Poisson generalizado utiliza como un ponderador para obtener parámetros consistentes [Harris *et al.*, 2012].

En términos generales, se observa que la mayoría de las variables contenidas en el modelo se concentran en el capital humano. El signo negativo en la variable “sin comida” indica que los hogares que padecen los mayores niveles de pobreza tienden a estar menos diversificados, pues cuentan con recursos muy limitados para realizar algún nuevo emprendimiento; en este sentido, la razón de incidencia relativa al riesgo (RIR)² indica que si un hogar se quedó sin comida en una ocasión durante el último trimestre, la tasa de incidencia para diversificar sus actividades productivas se reduce en 0.97 veces en comparación con los hogares que sí tuvieron

² La razón de incidencia relativa (RIR) es una manera más ilustrativa de interpretar los coeficientes de la estimación, genera coeficientes exponenciados e^{β} que se pueden expresar como una tasa de comparación relativa; es decir, se considera un cambio unitario en el regresor i-ésimo, pero considerando que el resto permanece constante, entonces la (RIR) para ese cambio unitario sería:

$$\frac{e^{\ln(i) + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \dots + \beta_i (x_i + 1) + \dots + \beta_k x_k}}{e^{\ln(i) + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \dots + \beta_i x_i + \dots + \beta_k x_k}} = e^{\beta_i}$$

comida; en términos porcentuales, implica que los hogares sin alimentos presentan una disminución de 3 % sobre su incidencia para diversificarse.

Sobre las variables vinculadas a la educación, se observan signos negativos en los coeficientes de los regresores “educación básica” y “media”, lo cual implica que los bajos niveles educativos de los miembros del hogar tienen una incidencia negativa sobre la diversificación productiva de los hogares rurales. Este resultado es consistente con otros trabajos sobre los hogares rurales en México; tal es el caso de la investigación de Yúnez y Cerón [2015], en la cual, gracias a un análisis econométrico encontraron que los mayores niveles educativos permiten a los integrantes de los hogares rurales acceder a trabajos fuera de la esfera agropecuaria, facilitándose así la diversificación de las actividades productivas que puede desarrollar un hogar rural.

El signo negativo en la variable “afiliación salud” indica que los hogares que tienen más miembros afiliados al IMSS, ISSSTE o alguna otra institución de salud pública tienen una menor incidencia a diversificarse. Esta situación puede explicarse debido a que esa condición de afiliación está vinculada a un empleo formal que puede brindar una mayor estabilidad en los ingresos del hogar, y que, por tanto, no sea necesario buscar alguna actividad adicional. Los regresores “hombres” y “de 12 a 64 años” muestran que los hogares que tienen mayores cantidades de habitantes de sexo masculino y en edades laborales tienen una mayor incidencia hacia la diversificación productiva.

Respecto al capital fijo, la variable “minutos al hospital” es una variable proxy de la infraestructura en las vías de comunicación de las regiones donde se ubican los hogares rurales; esta presenta un signo negativo en su coeficiente, lo cual indica que los hogares rurales más aislados o de difícil acceso tienen una menor incidencia a diversificarse productivamente puesto que tienen un acceso limitado a otros mercados. En lo

que respecta a *pickup*, se observa un coeficiente con signo positivo, resultado que también se vincula con el acceso a las vías de comunicación, pues los hogares rurales que poseen este activo tienen una mayor incidencia en la diversificación productiva, ya que cuentan con un medio de transporte que les facilita establecer un contacto con los mercados fuera de su localidad para llevar a cabo una actividad comercial o laboral.

En el caso del capital financiero, el coeficiente del regresor “tarjeta de crédito” señala que los hogares rurales que tienen acceso a un crédito de la banca comercial presentan una mayor incidencia en la diversificación productiva; incluso, la razón de incidencia relativa (RIR) señala que los hogares que tienen acceso a este tipo de financiamiento tienen una incidencia 1.018 veces mayor para diversificarse en comparación con los hogares que no cuentan con una línea de crédito. En términos porcentuales, esto implica que los hogares que cuentan con este beneficio tienen una incidencia cercana a 2 % para diversificarse productivamente.

En términos del capital social, se puede observar que las redes sociales tanto locales como extranjeras tienen un efecto positivo sobre la incidencia que tienen los hogares para diversificarse. En el caso del regresor “facilidad de préstamo”, se observa que la razón de incidencia relativa para diversificarse de los hogares que pueden conseguir un préstamo informal es 1.023 veces mayor respecto a los hogares que no cuentan con este mecanismo de financiamiento; en relación con la RIR de “familiar migrante”, se observa que los hogares que cuentan con un familiar que reside fuera del país tienen una incidencia 1.46 veces mayor para diversificarse en comparación con los hogares rurales que no tienen un familiar en el extranjero. Con relación al capital natural, se pudo observar que los regresores vinculados al acceso a recursos naturales, como la leña o a la tierra con propósitos productivos, tienen un impacto positivo sobre la incidencia en la diversificación productiva.

Cuadro 3. México. Resultados del modelo Poisson generalizado sobre los determinantes de la diversificación productiva en los hogares rurales, 2018

Variable	Coefficiente	Error estándar robusto	Razón de incidencia relativa (RIR)	Error estándar robusto
Capital humano				
Sin comida	-0.0255***	0.0086	0.9748***	0.0084
Educación básica	-0.0177***	0.0028	0.9825***	0.0028
Educación media	-0.0162***	0.0035	0.9840***	0.0035
Afiliados salud	-0.0187***	0.0021	0.9815***	0.0021
Hombres	0.0485***	0.0037	1.0497***	0.0038
De 12 a 64 años	0.0677***	0.0030	1.0701***	0.0032
Capital fijo				
Minutos al hospital	-0.0020***	0.0002	0.9980***	0.0002
Número de <i>pickups</i>	0.0144**	0.0070	1.0145**	0.0071
Capital financiero				
Tarjeta de crédito	0.0183*	0.0098	1.0185*	0.0100
Capital social				
Facilidad de préstamo	0.0231***	0.0032	1.0234***	0.0032
Familiar migrante	0.3849***	0.0081	1.4695***	0.0119
Capital natural				
Leña	0.0581***	0.0164	1.0598***	0.0174
Tierra	0.4908***	0.0062	1.6336***	0.0101
Constante	0.1388***	0.0164	1.1489***	0.0189
Delta (δ)	-0.3341	0.0034		
Número de observaciones:	28 638			
Prueba LR Ho: Delta (δ) = 0: Ji-cuadrada(1)= 7 346.30			Valor probabilístico=0.0000	
Wald Ji-cuadrada(13)= 12 758.78			Valor probabilístico=0.0000	
Pseudo R cuadrada= 0.1191				
Correlación al cuadrado entre Y y $\hat{Y}$ = 0.35739664				
Valor medio del factor de inflación de la varianza= 1.36				

Nota: significación estadística al ***1 %, **5 % y *10 %; los valores entre paréntesis indican los grados de libertad empleados para el cálculo de los estadísticos.

Fuente: elaboración propia con base en datos de la ENIGH, 2018.

CONCLUSIONES

El campo mexicano atraviesa una crisis, pues las actividades productivas que ocurren en la esfera agropecuaria han dejado de ser rentables para buena parte de los pequeños y medianos productores que, según la Encuesta Nacional Agropecuaria de 2017, representan a cerca de 71 % de las unidades de producción del sector. Esta situación se explica en gran medida por el cambio estructural que sufrió el sector durante la década de 1980 con arreglo a las políticas neoliberales, las cuales buscaron una menor participación del Estado en el sector y transformaron las políticas de apoyo a la producción (que beneficiaban en mayor medida a los pequeños y medianos productores) hacia otro tipo de políticas que se orientaron al apoyo directo sobre los ingresos de los productores; estas últimas beneficiaron principalmente a los grandes productores.

Esto tuvo como resultado que las familias de los hogares rurales buscaran diversificar sus actividades productivas mediante labores o emprendimientos alejados de la esfera agropecuaria, a tal grado que cerca de 49 % de los ingresos totales que perciben los hogares rurales provienen de actividades productivas fuera del ámbito agropecuario [Cerón y Yúnez-Naude, 2015].

En esta investigación, se aplicó un modelo de Poisson generalizado con el objetivo de conocer cuáles son los determinantes que explican la diversificación productiva en los hogares rurales de México en 2018; los resultados confirman que los hogares más vulnerables, aquellos que se han quedado en algún momento sin comida, que tienen bajos niveles educativos y que se encuentran aislados a causa de una falta de infraestructura en comunicaciones, presentan una menor incidencia en la diversificación. Mientras que, por el otro lado, los hogares rurales que poseen activos como camionetas *pickup*, acceso a créditos formales e informales y a recursos naturales como la tierra, y que tienen una mayor cantidad de habitantes varones

y en edades laborales, tienden a mostrar una mayor incidencia hacia la diversificación productiva.

El análisis de estadística descriptiva aplicado sobre la variable dependiente señalaba que el valor de su varianza era inferior al de su media, situación que representa una subdispersión en los datos; esto se pudo confirmar con la formulación del modelo Poisson generalizado, pues la prueba LR sobre el coeficiente delta δ mostró que no existía equidispersión en los datos y el signo negativo reveló que existía subdispersión en el comportamiento de los datos, situación que fue controlada en el modelo al utilizar a δ como un ponderador para estimar sus parámetros. Debido a ello, fue posible generar resultados consistentes.

El modelo Poisson generalizado permite capturar de manera más adecuada el comportamiento de los hogares que presentan diversos niveles de diversificación productiva, sobre todo cuando los datos presentan subdispersión; por ejemplo, si se comparan los resultados del cuadro 3 del Poisson generalizado, con los resultados del cuadro 4 del “anexo estadístico” que presenta los resultados de un modelo Poisson que no corrige la subdispersión; al comparar ambas tablas es posible observar el nivel de sensibilidad que tienen estos modelos respecto a la propiedad de equidispersión, pues se observan cambios de signos en algunos de los coeficientes, y en el modelo que no ajusta la subdispersión se presenta una menor cantidad de variables que no son estadísticamente significativas, mientras que, por el otro lado, en el Poisson generalizado se observa una mayor cantidad de regresores estadísticamente significativos y una mejora sustancial en la pseudo r cuadrada de McFadden. Por tanto, es necesario considerar el ajuste de la subdispersión en los datos de conteo para evitar la estimación de parámetros incorrectos y que pueden estar sesgados.

**Cuadro 4. Resultados de la estimación de un modelo Poisson simple
que no considera el ajuste en la subdispersión de los datos**

Variable	Coeficiente	Error estándar robusto	Valor probabilístico
Capital humano			
Sin comida	0.0096	0.0080485	0.231
Educación básica	0.0024	0.0025135	0.331
Educación media	-0.0019	0.0031755	0.530
Afiliados salud	-0.0210***	0.0018722	0.000
Hombres	0.0265***	0.0032894	0.000
De 12 a 64 años	0.0983***	0.0028428	0.000
Capital fijo			
Minutos al hospital	-0.0001	0.0001807	0.424
Número de <i>pickups</i>	0.0203**	0.0061164	0.001
Capital financiero			
Tarjeta de crédito	0.0453***	0.0080627	0.000
Capital social			
Facilidad de préstamo	0.0276***	0.0028714	0.000
Familiar migrante	0.4223***	0.0077266	0.000
Capital natural			
Leña	-0.0161	0.0141608	0.254
Tierra	0.5410***	0.0059671	0.000
Constante	0.0564***	0.0145526	0.000
Número de observaciones: 28 638			
Wald Ji-cuadrada(13)= 15 761.66			P-valor=0.000
Pseudo R cuadrada=0.0689			
log pseudolikelihood=-38 716.314			

Nota: significación estadística al ***1 %, **5 % y *10 %; los valores entre paréntesis indican los grados de libertad empleados para el cálculo de los estadísticos.

Fuente: elaboración propia con base en datos de la ENIGH, 2018.

BIBLIOGRAFÍA

- Ávila-Foucat, V. S. y K. J. Rodríguez-Robayo [2018], “Determinants of livelihood diversification: The case wildlife tourism in four coastal communities in Oaxaca, Mexico”, *Tourism Management*, 69: 223-231.
- Ayana, G. F., T. L. Megento y F. G. Kussa [2021], “The extent of livelihood diversification on the determinants of livelihood diversification in Assosa Wereda, Western Ethiopia”, *GeoJournal*: 1-25.
- Barbieri, C. y E. Mahoney [2009], “Why is diversification an attractive farm adjustment strategy? Insights from Texas farmers and ranchers”, *Journal of Rural Studies*, 25(1): 58-66, <<https://cutt.ly/Owu0BonS>>.
- Bragg, L. A. y T. J. Dalton [2004], “Factors affecting the decision to exit dairy farming: a two-stage regression analysis”, *Journal of Dairy Science*, 87(9).
- Brant, R. [1990], “Assessing proportionality in the proportional odds model for ordinal logistic regression”, *Biometrics*, 46(4), 1171.
- Buchenrieder, J. Mollers, K. Happe, S. Davidova, L. Fredriksson, A. Bailey y M. Plamen [2007], “Conceptual framework for analysing structural change in agriculture and rural livelihoods”, *IAMO Discussion papers* 113, Leibniz Institute.
- Cameron, A. C. y P. K. Trivedi [2010], *Microeconometrics Using Stata*, STATA Press.
- [2005], *Microeconometrics: methods and applications*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Carney, D. [2003], *Sustainable livelihoods approaches: Progress and possibilities for change*, Londres, Department for International Development.
- [1998], *Sustainable rural livelihoods: What contribution can we make?*, ed., Londres, Department for International Development.

- Cerón, H. y A. Yúnez-Naude [2015], “Diversificación en la economía rural hacia actividades no agropecuarias y sus impactos en pobreza y desigualdad”, en A. Yúnez-Naude, F. Rivera, Ma. Á. Chávez, y E. Taylor (coords.), *La economía del campo mexicano: Tendencias y retos para su desarrollo*, México, El Colegio de México: 117-156.
- Delgado, M. [2007], *Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012*, México, <http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/maiz96-12.pdf>, consulta: 5 de mayo de 2021.
- Ellis, F. [2008], “The determinants of rural livelihood diversification in developing countries”, *Journal of Agricultural Economics*, 51(2): 289-302.
- Fierros, I. y V. S. Ávila-Foucat [2017], “Medios de vida sustentables y contexto de vulnerabilidad de los hogares rurales de México”, *Problemas del Desarrollo*, 48(191): 107-131.
- Foltz, J. D. [2004], “Entry, exit, and farm size: assessing an experiment in dairy price policy”, *American Journal of Agricultural Economics*, 86(3): 594-604.
- Frankenberger, T., M. Mueller, T. Spangler y S. Alexander [2013], “Community resilience: Conceptual framework and measurement feed the future learning”, *Agenda* (p. 1). Rockville, MD: Westat.
- Glauben, T., H. Tietje y C. Weiss [2006], “Agriculture on the move: Exploring regional differences in farm exit rates in Western Germany”, *Jahrbuch Für Regionalwissenschaft*, 26(1): 103-118.
- González, S. [7 de diciembre de 2018], “Importación récord de granos básicos en 2018”, *La Jornada*, <<https://bit.ly/3Lgff4q>>, consulta: 1 de junio de 2021.
- Harris, T., Z. Yang y J. W. Hardin [2012], “Modeling under-dispersed count data with generalized Poisson regression”, *The Stata Journal*, vol. 12.

- Inegi-Sagarpa [2018], *Encuesta Nacional Agropecuaria, 2017*, Inegi, <<https://bit.ly/3NeF33I>>, consulta: 4 de junio de 2021.
- La Jornada* [2007], “El TLCAN y la muerte del campo mexicano”, *La Jornada online*, <<https://bit.ly/40MNEOj>>, consulta: 20 de mayo de 2021.
- Lorato, T. [2019], “The determinants of livelihood diversification strategies in Qecha Bira Woreda, Kambata Tambaro Zone, Southern Ethiopia”, *Journal of Economics and Sustainable Development*, <<https://cutt.ly/Wwu01bFa>>, consulta: 3 de junio de 2021.
- Macías, A. M. [2013], Los pequeños productores agrícolas en México. *Carta Económica Regional*, 1956: 7-18. <<https://bit.ly/3oSptjT>>, consulta: 25 de mayo de 2021.
- Mora, J. J. y A. López-Feldman [2015], “Transferencias del gobierno, pobreza y desigualdad: el impacto de Procampo y oportunidades en los hogares rurales de México”, en A. Yúnez-Naude, F. Rivera, Ma. Á. Chávez, J. Mora y E. Taylor (coords.), *La economía del campo mexicano: Tendencias y retos para su desarrollo*, 1a. ed., México, El Colegio de México: 246.
- Passel, J. S. y R. Suro [2005], *Rise, peak, and decline: Trends in US immigration 1992-2004*, Center Washington, D. C., Pew Hispanic, <<https://bit.ly/423CzZZ>>, consulta: 23 de mayo de 2021.
- Pérez, M. [20 de febrero de 2014], “Campo devastado”, *La Jornada*, <<https://bit.ly/3LeFpof>>, consulta: 3 de junio de 2021.
- Puyana, A. y J. Romero [2009], “El sector agropecuario mexicano bajo el Tratado de Libre Comercio de América del Norte. La pobreza y la desigualdad se intensifican, crece la migración”, *Revista Oasis*: 187-214.
- Rubio, B. [2009], “La desvalorización de los bienes alimentarios y la migración rural en México (1993-2007)”, en A. M. Aragonés y B. Rubio (eds.), *Nuevas causas de la*

- migración en México en el contexto de la globalización: Tendencias y perspectivas a inicios del nuevo siglo*, 1a. ed., México, UNAM/Plaza y Valdez.
- Sánchez-Zamora, P., R. Gallardo-Cobos y F. Ceña-Delgado [2014], “El medio rural andaluz frente a la crisis económica”, *Economía agraria y recursos naturales*, 14 (1).
- Serrat, O. [2017], “The Sustainable Livelihoods Approach”, *Knowledge Solutions*: 21-26, <<https://cutt.ly/Vwu00U3g>>., consulta: 3 de junio de 2021.
- Ulrich, A., C. Ifejika Speranza, P. Roden, B. Kiteme, U. Wiesmann y M. Nüsser [2012], “Small-scale farming in semi-arid areas: Livelihood dynamics between 1997 and 2010 in Laikipia, Kenya”, *Journal of Rural Studies*, 28(3): 241-251.
- Väre, M. y A. Heshmati [2004], “Perspectives on the early retirement decisions of farming couples”. *IZA Discussion Paper*, núm. 1342.
- Wooldridge, J. M. [2010], *Econometric analysis of cross section and panel data*, 8a. ed., MIT Press.
- Yúnez, A. y H. Cerón [2015], “Diversificación en la economía rural hacia actividades no agropecuarias y sus impactos en pobreza y desigualdad”, en A. Yúnez-Naude, F. Rivera, Ma. Á. Chávez, J. Mora y E. Taylor (coords.), *La economía del campo mexicano: Tendencias y retos para su desarrollo*, 1a. ed., México, El Colegio de México.
- Zarazúa, J. A., G. Almaguer-Vargas y J. G. Ocampo-Ledesma [2011], “El programa de apoyos directos al campo (Procampo) y su impacto sobre la gestión del conocimiento productivo y comercial de la agricultura del estado de México”, *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 8(1): 89-105.

6. EL ANÁLISIS DE COHORTES SINTÉTICAS*

Isalia Nava Bolaños

INTRODUCCIÓN

Para revisar el ahorro durante el ciclo de vida, es deseable contar con información sobre el comportamiento de los individuos o de los hogares a lo largo del tiempo; esto es, un panel de datos de consumo, ingreso o ahorro. Sin embargo, para el caso de México no contamos con este tipo de información dado que las encuestas no siguen a un mismo individuo en el tiempo.

Browning *et al.* [1985] proponen la construcción de un pseudopanel o panel sintético. Según estos autores, si los perfiles del ciclo de vida se obtienen en virtud de un análisis de corte transversal, *cross-section*, los resultados pueden ser erróneos, ya que, si las distintas cohortes tienen diferente comportamiento de ahorro, el perfil por edades obtenido de un único corte transversal estará sesgado. En este capítulo, se adopta el marco metodológico utilizado en lo que corresponde a la construcción del pseudopanel.

MÉTODO DE PSEUDOPANELES

Para el análisis de variables dinámicas como el ahorro, es deseable contar con una serie de observaciones consecutivas de

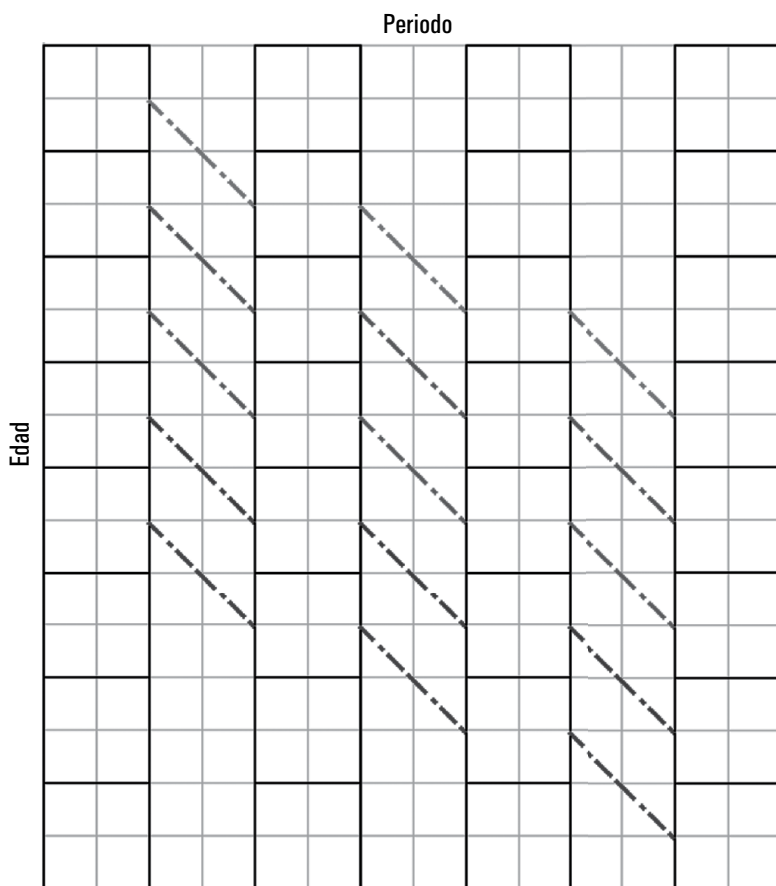
* Este capítulo se basa en la tesis de doctorado en Estudios de Población "Una mirada al ahorro y las remesas en los hogares de México desde la dinámica demográfica", realizada en el Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales de El Colegio de México.

los individuos a lo largo del tiempo. Sin embargo, se presentan problemas. La información disponible de la ENIGH no se deriva de aplicar los cuestionarios a los mismos individuos en varios años, sino que es una muestra no aleatoria para años consecutivos en donde los individuos no son los mismos. Si optamos por identificar los perfiles del ciclo de vida con base en la “fotografía” obtenida mediante un análisis de corte transversal *cross-section*, los resultados pueden ser erróneos. Por ejemplo, si hay fuertes efectos cohorte, el perfil por edades derivado del análisis transversal será muy diferente al perfil por edades de cualquier individuo. Shorrocks [1975] elabora un ejercicio en el cual los individuos que pertenecen a diferentes cohortes mantienen la acumulación de riqueza a medida que envejecen. Si las cohortes más jóvenes son “más ricas” en términos del ciclo de vida, en comparación con las cohortes mayores (por ejemplo, por un incremento de la productividad), y estos efectos son lo suficientemente fuertes, el uso de un análisis transversal reflejará la ilusión de un perfil por edades en forma de joroba, *hump shaped*. Con el fin de no incurrir en estos problemas, se utiliza el método de pseudopaneles propuesto por Browning *et al.* [1985].

Esta técnica consiste en la construcción de n cohortes sintéticas (grupos de individuos) con base en un criterio fijo y para un intervalo constante, por ejemplo, el año de nacimiento de la jefa o jefe del hogar.¹ Esto permite seguir el comportamiento medio de las variables de interés de cada cohorte en encuestas sucesivas, dado que cada cohorte agrupa a las jefas y jefes de los hogares. Así, es posible seguir el comportamiento de grupos de hogares a través del tiempo (figura 1). Se supone que la composición de los grupos según la edad de las jefas o jefes del hogar es constante a lo largo del tiempo; sin embargo, este supuesto puede no verse confirmado en la realidad por varias razones que más adelante se explican.

¹ También es posible utilizar otras variables como la edad, el sexo, la lengua materna y el lugar de origen.

Figura 1. Construcción de cohortes sintéticas



Fuente: elaboración propia.

Cabe señalar que el método de pseudopaneles, a diferencia de los modelos panel, presenta la ventaja de que no existe pérdida de observaciones a lo largo del tiempo, *attrition*.²

²La pérdida de observaciones puede generar problemas de pérdida de representatividad de la muestra a medida que avanza el tiempo. Las razones serían por rechazo, muerte o cambio de domicilio.

Además, las observaciones son considerablemente mayores, tanto en el número de individuos o de hogares como en el periodo que abarcan [Verbeek, 2008]. Sin embargo, el método de pseudopaneles también presenta limitaciones. En el tiempo, no se sigue a la misma persona, de modo que las historias de vida no están disponibles para su inclusión en el modelo, para la construcción de indicadores o para la transformación de un modelo en primeras diferencias o en desviaciones de las medias individuales, medidas aplicadas frecuentemente en modelos panel.

En el método de pseudopaneles, se sigue a las cohortes sintéticas a lo largo del tiempo bajo el supuesto de que la composición de los grupos es constante. Este supuesto puede no verse confirmado en la realidad por varias razones.

A raíz de la presencia de fenómenos como la emigración, la inmigración, los nacimientos y las muertes, la población de individuos cambia de un año a otro. Pero más relevantes que los cambios en la población de individuos son los cambios en la población de hogares. Incluso en ausencia de migración, nacimientos y muertes, los hogares pueden formarse (uniones), desintegrarse (divorcios o viudez), reagruparse (segundas y consecutivas uniones), los jóvenes salen del hogar o las personas en edades avanzadas se desplazan a los hogares de los hijos [Deaton y Paxson, 1998]. Si por alguna de estas razones el jefe de hogar cambia, el ahorro se modifica, pero el cambio sería simplemente porque la muestra de jefes de hogar no es estable.

Otro caso puede ser cuando una persona en edad avanzada y en condiciones de pobreza se va a vivir con sus hijos, los patrones de ahorro de los hogares de edad media y de los de edad avanzada se modifican. Asimismo, el comportamiento o preferencias de quienes viven en familias extensas son seguramente diferentes de quienes viven solos o con compañeros de edades similares.

Por otro lado, entre los hogares en edades avanzadas, la supervivencia del hogar se relaciona positivamente con el ahorro. A ahorros altos es más probable que los hogares aparezcan al final del ciclo de vida como unidades independientes. Del mismo modo y entre los adultos jóvenes, aquellos que se encuentran en una situación deficitaria es menos probable que creen estructuras independientes del hogar. En consecuencia, los datos sobre hogares tienden a sobreestimar el ahorro entre los jóvenes y en edades avanzadas, aplanando la forma de la U invertida que tradicionalmente describe la función de ahorro [Deaton y Paxson, 1998].

Sobre la misma línea, Attanasio y Hoynes [1995] explicaron que las diferencias en las tasas de mortalidad pueden influir en los cambios en la composición de las jefas y los jefes de los hogares. Si existe una correlación positiva entre longevidad e ingresos, a medida que envejeczan las cohortes los individuos más pobres fallecerán antes que los más ricos, y las cohortes “se enriquecerán” progresivamente por esta selectividad. En consecuencia, si las tasas de mortalidad de los pobres son elevadas y si los hogares ricos ahorran más, quizá no se observe un perfil de ahorro en forma de U invertida, ya que la reducción del ahorro podría verse totalmente contrarrestada por el cambio de la muestra por diferencias de mortalidad.

A lo anterior habría que agregar otros problemas específicos de las encuestas. Aun cuando las encuestas que se utilizan en la investigación tienen la ventaja de ser estrictamente comparables entre sí, el tamaño de la muestra es diferente de un año a otro. Lo anterior implica que el grado de precisión de los valores medios cambiará en los distintos años. Además, no todas las celdas son del mismo tamaño. Algunas de las celdas más pequeñas en lo que se refiere al tamaño de la muestra son las que corresponden a las cohortes observadas en edades tempranas y más avanzadas, porque la mayor parte de las jefas y los jefes de los hogares se encuentran concentrados en las

edades productivas. Por ello, el grado de precisión de los promedios estimados para estas cohortes quizás es más bajo.

MODELO CON DATOS DE PSEUDOPANELES

Deaton y Paxson [2000] desarrollaron la modelización del comportamiento del ahorro a lo largo del ciclo de vida a partir del uso de datos en pseudopaneles. Los autores parten de la versión simplificada de la hipótesis de ciclo de vida (HCV).

De esta forma, el consumo, c_{iab} , de un individuo i (hogar o persona), nacido en el año b y observado a la edad a (por ejemplo, en la fecha $b + a$), se puede expresar como:

$$c_{iab} = f_i(a)W_{ib} \quad (1),$$

donde $f_i(a)$ se refiere al perfil por edades del consumo³ y W_{ib} es el ingreso permanente;⁴ es decir, los ingresos por trabajo (sueldos) más los ingresos por activos (herencias). Cabe resaltar que mientras que el perfil por edades está indexado a i , lo cual implica que varía con los individuos, este es independiente del año de nacimiento b , de modo que la distribución de los perfiles por edad sobre los individuos dentro de cada grupo de edad es el mismo para todas las cohortes, mientras que el ingreso permanente, W_{ib} , aunque es diferente para cada cohorte⁵, no varía respecto a la edad.⁶ Obteniendo logaritmos en ambos lados de la ecuación, tenemos que:

³ La constante de proporcionalidad $f_i(a)$ depende de la edad y la tasa de interés real, en este caso se suprimió la tasa de interés.

⁴ El ingreso permanente, W_i , equivale a la suma de los activos al momento del nacimiento (herencia), A_i^0 , y el valor presente descontado de los ingresos laborales futuros, $\sum_{t=0}^L y_{ia}^t (1+r)^{-a}$, también al momento del nacimiento, esto es $W_i = A_i^0 + \sum_{t=0}^L y_{ia}^t (1+r)^{-a}$ en donde los subíndices i denotan un individuo y a la edad, mientras que L es la longitud de la vida, r la tasa de interés real (constante), y y_{ia}^t el ingreso por trabajo o el sueldo de i a la edad a .

⁵ Bajo un escenario de crecimiento económico, es de esperarse que entre las cohortes más jóvenes el ingreso permanente sea mayor.

⁶ Por el supuesto de ausencia de incertidumbre.

$$\ln c_{iab} = \ln f_i(a) + \ln W_{ib} \quad (2)$$

Como ya se comentó anteriormente, la ausencia de información longitudinal del mismo hogar en el contexto de un análisis dinámico puede resolverse usando información generada desde el año de nacimiento de las jefas y los jefes de los hogares; es decir, a partir de la construcción de cohortes sintéticas. Entonces, si se obtiene el promedio⁷ del logaritmo del consumo sobre todos los individuos de una misma cohorte a la misma edad, podemos escribir la ecuación (2) como:

$$\overline{\ln c_{ab}} = \overline{\ln f(a)} + \overline{\ln W_b} \quad (3)$$

donde las líneas sobre las variables denotan medias.

Deaton y Paxson [1993] añaden a la ecuación (3) un efecto periodo fijo, θ_t , que recoge los efectos de los *shocks* macroeconómicos. Los ciclos económicos se caracterizan por las fluctuaciones de diferentes variables macroeconómicas que generan periodos de tiempo donde se presentan contracciones o expansiones de la economía, que tienen una incidencia sobre el ingreso y el consumo, y en consecuencia sobre el ahorro. De tal forma que la ecuación (3) se expresa como:

$$\overline{\ln c_{ab}} = \overline{\ln f(a)} + \overline{\ln W_b} + \theta_t \quad (4)$$

La ecuación (4) puede estimarse con una regresión del promedio del logaritmo del consumo de aquellos nacidos en b y observados en $b + a$, en un conjunto de variables ficticias⁸ de edad, cohorte y periodo:

$$\overline{\ln c} = D^a \beta_c + D^c Y_c + D^y \delta_c + u_c \quad (5)$$

⁷ La medida que generalmente se utiliza en la construcción de cohortes sintéticas es el promedio. Sin embargo, es posible usar la mediana o los cuartiles.

⁸ Las variables ficticias o *dummies* son aquellas que sólo toman valores 0 y 1. Por ejemplo, el 1 puede indicar que pertenece a la cohorte 1 y el 0 que pertenece a cualquier otra cohorte.

donde $\overline{ln c}$ es un vector columna⁹ cuyo elemento típico es el logaritmo del consumo correspondiente a cada cohorte en cada año; D^a es una matriz de variables ficticias de edades, D^c es una matriz de variables ficticias de cohortes (año de nacimiento), D^y es una matriz de variables ficticias de periodo (año de la encuesta). Los coeficientes β_c , γ_c y δ_c son parámetros de los efectos edad, cohorte y periodo, respectivamente; y u_c es el término de error¹⁰ de la función de consumo.

Por otro lado, al estimar el ingreso, al igual que en el consumo, se asume que sigue un perfil por edades invariante a través del ciclo de vida, pero se desplaza hacia arriba con crecimiento. Dado que los logaritmos del ingreso y el consumo pueden descomponerse en un efecto cohorte, un efecto edad y un efecto periodo, el ingreso se expresaría como:

$$\overline{ln y} = D^a \beta_y + D^c \gamma_y + D^y \delta_y + u_y \quad (6)$$

donde β_y , γ_y y δ_y son el efecto edad, cohorte y periodo, respectivamente, en el ingreso; y u_y es el término de error de la función de ingreso.

Restando la ecuación (6) de (5) obtenemos el ahorro. Convencionalmente, la tasa de ahorro se expresa como la diferencia entre el total de ingresos y consumo, dividido por los ingresos. Sin embargo, en este caso los autores trabajan con la diferencia del logaritmo del ingreso y el logaritmo del

⁹ Es una matriz que tiene una columna solamente. El vector columna del $\overline{ln c}$ de n componente se define como un conjunto ordenado de n números expresados de la forma:

$$\overline{ln c} = \begin{bmatrix} \overline{ln c}_1 \\ \overline{ln c}_2 \\ \overline{ln c}_3 \\ \vdots \\ \overline{ln c}_n \end{bmatrix}$$

¹⁰ El término de error o perturbación es una variable aleatoria estocástica que tiene propiedades probabilísticas claramente definidas. Representa todos aquellos factores que afectan el consumo pero que no son considerados en el modelo en forma explícita.

consumo. Recordemos que, para valores pequeños, la tasa de ahorro puede aproximarse como la diferencia entre los logaritmos de ingreso y consumo; de esta forma la tasa de ahorro es:

$$S/y \approx \overline{\ln y} - \overline{\ln c} = D^a(\beta_y - \beta_c) + D^e(Y_y - Y_c) + D^y(\delta_y - \delta_c) + (u_y - u_c) \quad (7)$$

Además de los efectos edad, cohorte y periodo que se estiman en la ecuación (7), es posible identificar la presencia de efectos sociodemográficos, ya que existen variables demográficas, económicas y sociales, como el estado civil, el nivel de educación, el tipo de empleo, el número de integrantes y la estructura del hogar, la localidad de residencia, entre otras, que influyen en la tasa de ahorro de los hogares. Por lo tanto, es importante controlar estos efectos. Entonces, al ampliar la ecuación (7), la tasa de ahorro se puede estimar a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{S}{y} \approx \overline{\ln y} - \overline{\ln c} = D^a(\beta_y - \beta_c) + D^e(Y_y - Y_c) + D^y(\delta_y - \delta_c) + X(\Phi_y - \Phi_c) + (u_y - u_c) \quad (8)$$

donde X , es una matriz que representa las variables sociodemográficas (variables de control); en tanto que el vector de coeficientes φ recoge el efecto de las variables de control sobre la diferencia de los logaritmos del ingreso (φ_y) y el consumo (φ_c). Reescribiendo la ecuación anterior en términos de la tasa de ahorro, tenemos que:

$$s_{ct} = \alpha + A\beta + CY + Y\delta + X\varphi + u_{ct} \quad (9)$$

donde s_{ct} es el ahorro de la cohorte c en el periodo t ; A , C y Y son matrices de variables ficticias de edad, cohorte y periodo, respectivamente. Los coeficientes β , γ y δ son parámetros de los efectos edad, cohorte y periodo, respectivamente; u_{ct} es el término de error de la función de ahorro. Como se

está trabajando con variables ficticias, al estimar el modelo es necesario eliminar una columna de cada una de las tres matrices ($n - 1$), si no se caerá en un problema de multicolinealidad perfecta.¹¹

Identificación de los efectos edad, cohorte y periodo

De acuerdo con la ecuación (9), la tasa de ahorro puede ser estimada a partir de los efectos de edad, cohorte, periodo y variables sociodemográficas. Sin embargo, existe una relación lineal exacta entre la edad (a), la cohorte (c) y el periodo (y), ya que el año de nacimiento (cohorte) es una función lineal del año de la encuesta (periodo) y la edad:

$$c = y - a \quad (10)$$

Una solución es estimar la tasa de ahorro para cada combinación de pares (edad y periodo, edad y cohorte o periodo y cohorte) y elegir el que mejor se adapte (*best fit*). Sin embargo, las variables edad y periodo contienen la misma información que edad y cohorte o periodo y cohorte, por lo que el coeficiente de determinación (R_2)¹² es el mismo en los tres modelos. Por otro lado, si se sustituye el periodo por una constante k , y la cohorte se obtiene a partir de $c = k - a$, no es posible distinguir el efecto cohorte del efecto edad.

Por lo tanto, no existe una técnica que permita identificar los tres efectos, más bien los trabajos empíricos que se enfrentan al problema de identificación¹³ se han aproximado a

¹¹ Las columnas correspondientes a las variables edad, cohorte y periodo darían lugar a una combinación lineal exacta con la constante, lo cual produciría que el determinante de la matriz $X'X$ fuera igual a cero, por lo tanto singular (no invertible), lo cual no permitiría estimar los coeficientes del modelo de regresión.

¹² Indica la proporción de la variación de la variable dependiente (endógena) que queda explicada por la regresión (variables independientes, explicativas o exógenas).

¹³ La identificación de los efectos edad, cohorte y periodo ha sido abordada por diferentes autores. Para un análisis detallado, véase Mason y Fienberg [1985].

él a partir de dos tipos de soluciones: la imposición de restricciones a las variables y la parametrización de al menos uno de los tres efectos.¹⁴ En esta investigación, se optó por la imposición de restricciones a las variables de edad, cohorte y periodo, siguiendo la normalización propuesta por Deaton [1997].

Normalización propuesta por Deaton

Como se explicó previamente, al conocer el año de la encuesta y el año de nacimiento de la cohorte es posible inferir la edad de la cohorte, por ejemplo, cuando c representa la edad de la cohorte en el año cero:

$$a_{ct} = c + t \quad (11)$$

lo que implica que las matrices de las variables ficticias satisfacen la siguiente relación lineal:

$$Aw_a = Cw_c + Yw_y \quad (12)$$

donde los vectores w son secuencias aritméticas $\{0, 1, 2, 3, \dots\}$ de la longitud dada por el número de columnas de la matriz que los premultiplica. La ecuación (12) es una identidad, de modo que para estimar el modelo es necesario omitir una columna más de cualquiera de las tres matrices.

Deaton propone reemplazar los parámetros α , γ y δ de la ecuación (9) por:

$$\bar{\alpha} = \alpha + kw_a, \quad \bar{\gamma} = \gamma - kw_c, \quad \bar{\delta} = \delta - kw_y, \quad (13)$$

¹⁴ Heckman y Robb [1985] proponen estimar los efectos edad, periodo y cohorte a partir de la parametrización del efecto periodo como una función de variables observables que den cuenta de las condiciones económicas, por ejemplo, como una función de la tasa de desempleo nacional o local. Sobre la misma vía, Alegre y Pou [2008] modelizan el efecto periodo como una función de la tasa de desempleo nacional y estiman la tasa de ahorro de los hogares españoles.

Esta transformación implica agregar una tendencia temporal a las variables ficticias de edades y restar la tendencia temporal de las variables ficticias para las cohortes y los periodos, para compensar los efectos.

Entonces, la normalización propuesta por el autor consiste en estimar el crecimiento del ahorro con arreglo a los efectos edad y cohorte y usar el efecto periodo para capturar las fluctuaciones cíclicas o los efectos del ciclo económico, cuyo promedio suma cero en el largo plazo. Una normalización de este tipo implica que el efecto periodo es ortogonal a la tendencia temporal, es decir:

$$w'_y \delta = 0 \quad (14)$$

La estimación de la ecuación (9), sujeta a la normalización de (14), se obtiene de estimar la regresión de la tasa de ahorro en función de las variables ficticias de cohorte ($n - 1$), las variables ficticias de edad ($n - 1$) y un conjunto de $T - 2$ variables ficticias de años, definidas como sigue:

$$d_t^* = d_t - [(t - 1)d_2 - (t - 2)d_1] \quad t = 3, \dots, T \quad (15)$$

donde d_t^* es la nueva variable ficticia para cada año y d_t es la variable ficticia original, que toma el valor de 1 en el momento t y 0 en el resto.

Construcción del pseudopanel

El criterio que se tomó para la construcción de las cohortes es el año de nacimiento de los jefes de hogar¹⁵ en intervalos

¹⁵ Persona reconocida como tal por los miembros del hogar, pudiendo estar presente o ausente del hogar. Jefa o jefe ausente se refiere a la persona reconocida como jefa o jefe por los miembros de los hogares y que al momento de la entrevista no se encontraba residiendo en la vivienda por motivos de trabajo, estudio o personales y tenía tres meses o más de ausencia al momento de la entrevista. Es importante señalar que estas personas no se

de cinco años. Por ejemplo, se agrupa en una cohorte a los jefes de hogar que nacieron entre 1920 y 1924, y en otra cohorte a quienes nacieron entre 1925 y 1929, y así sucesivamente. De esta forma, es posible seguir el comportamiento de grupos de hogares a través del tiempo. En el cuadro 1, se observa que la primera cohorte tendrá en promedio 72 años en 1994, año de la primera encuesta; 74 años en 1996, que corresponde a la fecha de la segunda encuesta; 76 años en 1998, momento de la tercera encuesta; y así sucesivamente, hasta la última encuesta. Se construyeron 11 cohortes a partir de ocho encuestas, que dan un total de 88 observaciones.

La muestra se restringió a los jefes de hogar entre 20 y 79 años de edad. En el cuadro 2, aparece la definición de las cohortes, junto con su edad promedio en 1994 y 2008 y el número de hogares sobre el que se calcula cada observación. La cohorte 11 es la más reciente, tiene en promedio 22 años en 1994 y 36 años en 2008, lo que implica que tenemos información de esta cohorte sintética durante 14 años. El comportamiento medio de las variables de la cohorte 11 se calculó a partir de la información de 14 518 hogares. Además, se observa que, en las primeras cohortes, el tamaño de la muestra es menor. Por lo tanto, los resultados de estas cohortes pueden ser menos precisos.

Los promedios se calcularon utilizando datos no ponderados. Los factores de expansión de la ENIGH son representativos de la población en general. Cuando consideramos los promedios de grupos concretos, como las cohortes o los grupos establecidos a partir de la edad del jefe de hogar, esas ponderaciones ya no son representativas. Sin embargo, es importante mencionar que se elaboró un ejercicio donde se incluyen los factores de expansión de las encuestas y los resultados obtenidos fueron muy similares.

consideran como residentes habituales de la vivienda, aunque se respeta su condición de jefa o jefe del hogar, con la finalidad de determinar el parentesco de las demás personas residentes en la vivienda [ENIGH, 2018].

Cuadro 1. Construcción de las cohortes sintéticas (edades)

Cohortes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1920- 1924	1925- 1929	1930- 1934	1935- 1939	1940- 1944	1945- 1949	1950- 1954	1955- 1959	1960- 1964	1965- 1969	1970- 1974
1994	72	67	62	57	52	47	42	37	32	27	22
1996	74	69	64	59	54	49	44	39	34	29	24
1998	76	71	66	61	56	51	46	41	36	31	26
2000	78	73	68	63	58	53	48	43	38	33	28
2002	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30
2004		77	72	67	62	57	52	47	42	37	32
2006		79	74	69	64	59	54	49	44	39	34
2008		81	76	71	66	61	56	51	46	41	36

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 2. Descripción de las cohortes

Cohorte	Año de nacimiento	Periodo de estudio	Edad en 1994	Edad en 2008	Total
1	1920 - 1924	1994 - 2002	72		2 995
2	1925 - 1929	1994 - 2008	67		4 159
3	1930 - 1934	1994 - 2008	62	76	6 565
4	1935 - 1939	1994 - 2008	57	71	7 691
5	1940 - 1944	1994 - 2008	52	66	9 747
6	1945 - 1949	1994 - 2008	47	61	11 443
7	1950 - 1954	1994 - 2008	42	56	14 059
8	1955 - 1959	1994 - 2008	37	51	15 711
9	1960 - 1964	1994 - 2008	32	46	17 685
10	1965 - 1969	1994 - 2008	27	41	17 004
11	1970 - 1974	1994 - 2008	22	36	14 518

Fuente: elaboración propia.

CARACTERIZACIÓN DE LOS PERFILES POR EDAD DE LAS COHORTES

Existen diferentes variables demográficas que se relacionan con el ahorro, en la medida en que estas variables presentan un patrón de comportamiento determinado a lo largo del ciclo de vida e influyen en los perfiles de ingreso y consumo. A fin de ampliar la información y tener un mejor acercamiento al comportamiento del ahorro, a continuación se analizan los perfiles por edad del tamaño del hogar, el número de hijos.

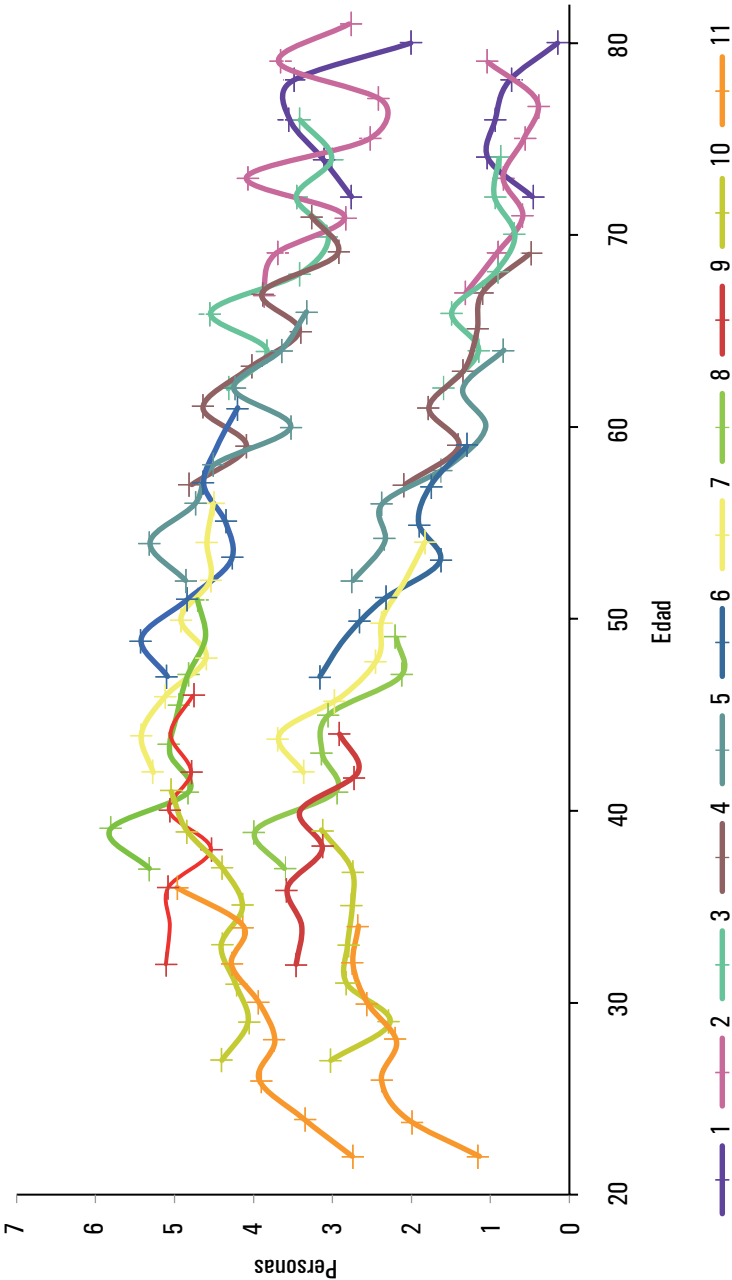
En la gráfica 1, se presentan el tamaño del hogar y el número de hijos. Cada uno de los segmentos de unión representa el tamaño promedio de los hogares en cada cohorte. Por ejemplo, la cohorte más grande (1920-1924) se observó a una edad media de 72 años en 1994, 74 en 1996, 76 en 1998, y así sucesivamente. La cohorte dos (1925-1929) tenía un promedio de 67 años en 1994, 69 en 1996 y 71 en 1998. De tal

forma que cada cohorte se observa en un intervalo de tiempo diferente de su ciclo de vida. Sin embargo, como las encuestas abarcan un periodo de 15 años y las cohortes se definen en intervalos de cinco años, el perfil de cada cohorte se superpone con el de las cohortes inmediatas. Por lo tanto, se observan las mismas edades para diferentes cohortes, pero en diferentes momentos cronológicos.

El tamaño medio de los hogares presenta un perfil en forma de U invertida que alcanza un máximo cercano a seis miembros a los 39 años de edad. Por otro lado, el tamaño promedio de los hogares es más pequeño en las primeras y las últimas cohortes, esto se explicaría por el ciclo natural de formación y disolución familiar durante el ciclo de vida. Además, se aprecian marcadas diferencias en el tamaño para diferentes cohortes a la misma edad, ello puede atribuirse a la presencia de efectos cohorte, edad y periodo; sin embargo, dado que estas variables presentan colinealidad no es posible identificar en este momento el efecto que prevalece. El análisis del tamaño del hogar es importante en el análisis de los perfiles de ahorro, que tendría un efecto positivo al considerar que las economías de escala disminuyen los costos fijos del hogar [Browning y Lusardi, 1996].

Por su parte, el número promedio de hijos también describe una forma de U invertida, que alcanza su máximo a la edad de 39 años con aproximadamente cuatro hijas e hijos. Al contrastar estos resultados con los tamaños del hogar, podemos inferir que en promedio más de la mitad de los miembros de las cohortes son hijos, aunque esta proporción disminuye a edades avanzadas. Respecto a la diferencia vertical entre los perfiles de diferentes cohortes observados a la misma edad, se interpretarían tentativamente como un efecto cohorte negativo, según el cual las generaciones más jóvenes tienen familias más pequeñas; sin embargo, hay que recordar que estas diferencias pueden ser producto de efectos temporales.

Gráfica 1. Tamaño del hogar y número de hijos de las cohortes, 1994-2008



Fuente: elaboración propia con base en Inegi, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 1994, 1996, 1998, 2000, 2002, 2004, 2006 y 2008.

Ahorro y ciclo de vida

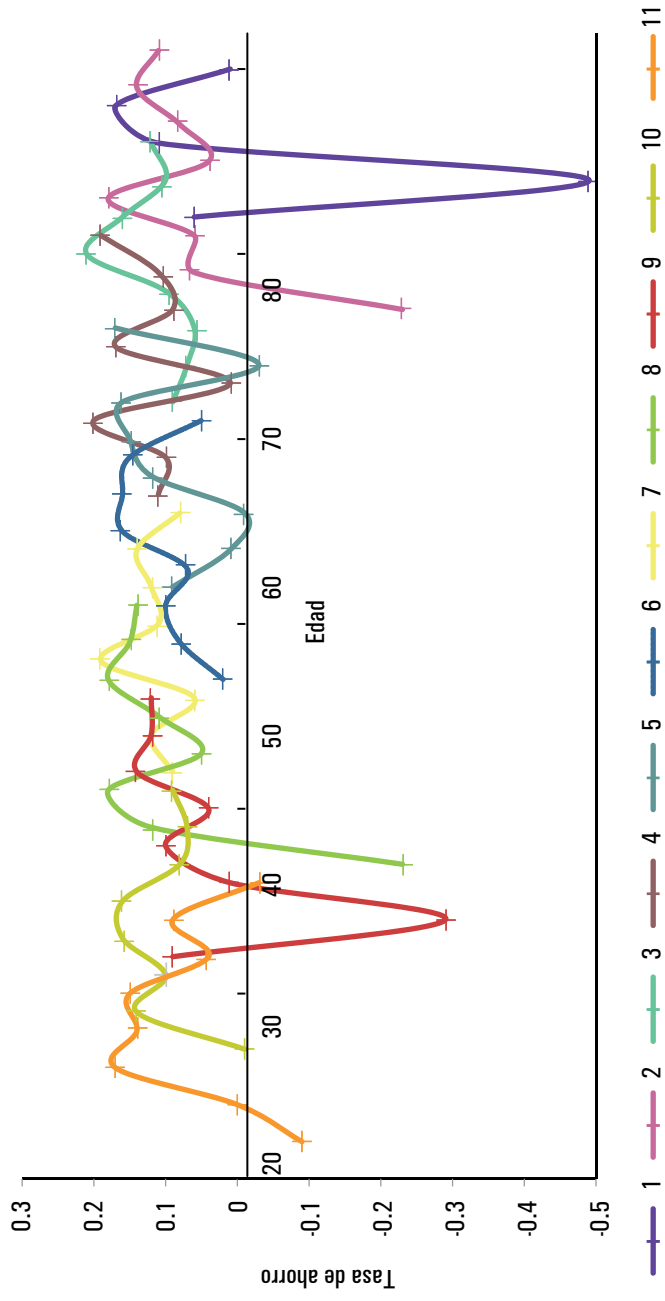
En la gráfica 2, se aprecia que el perfil edad del promedio de la tasa de ahorro de las cohortes presenta numerosas perturbaciones, por lo que es difícil detectar un patrón claro; sin embargo, sobresalen las tasas de ahorro negativas en las edades 30 a 40 y después de los 67 años de edad. Así como la caída en el ahorro en 1996, que refleja la presencia de un efecto periodo, aunque esta interpretación debe tomarse con cuidado ya que los promedios de las cohortes observadas se ven afectados por la edad, la cohorte y el periodo.

Descomposición del efecto edad para la tasa de ahorro

Para identificar el efecto de las remesas en los patrones de ahorro a lo largo del ciclo de vida, se estimó una regresión de la tasa de ahorro de las cohortes receptoras de remesas. Donde las variables explicativas son las $n - 1$ variables dicotómicas para las edades y cohortes; y las nuevas variables de periodo, que cumplen con la condición de ortogonalidad a una tendencia lineal y suman cero. De esta forma, el efecto edad sería estimado sin que sea afectado por la posición de la cohorte ni por el efecto periodo.

En principio, se estimó la prueba de Wald para determinar si los efectos edad y cohorte son significativos conjuntamente. Se encuentra que los efectos edad y cohorte son estadísticamente significativos. Mientras que las variables dicotómicas de periodo resultaron también estadísticamente significativas (cuadro 3).

Gráfica 2. Promedio de la tasa de ahorro



Fuente: elaboración propia con base en Inegi, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 1994, 1996, 1998, 2000, 2002, 2004, 2006 y 2008.

Cuadro 3. Prueba de Wald de significancia conjunta

Ecuación	Efecto cohorte	Efecto edad	Efecto periodo
Tasa de ahorro	F = 1.49 (0.10)***	F = 3.12 (0.00)*	F = 24.92 (0.00)*

Nivel de significancia: * 0.01, ** 0.05 y *** 0.10.

CONCLUSIONES

Interesa resaltar el hecho de que por limitaciones de información es común que el análisis de los perfiles por edad se realice a partir de estimaciones de corte transversal. Sin embargo, es posible que los resultados no sean consistentes, ya que existen efectos cohorte y periodo que también explican el comportamiento de las variables económicas.

En relación con el efecto edad, este no describe un perfil de U invertida como lo predice la HCV. Contrariamente a lo que supone la teoría, no hay evidencia de desahorro en las edades avanzadas.

En términos de futuras líneas de investigación, falta revisar el comportamiento del perfil por edad por sectores específicos de la población. Además, sería interesante analizar los perfiles de ingreso y consumo individual y no del hogar. El hogar como unidad de análisis presenta varias complicaciones a lo largo del ciclo de vida: puede formarse en uniones, desintegrarse por divorcios o viudez y reagruparse mediante segundas y consecutivas uniones, los integrantes jóvenes salen de los hogares o las personas en edades avanzadas se desplazan a los hogares de los hijos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alegre, Joaquín y Llorenç Pou [2008], "El consumo y la tasa de ahorro privados de los hogares españoles: una descomposición de los efectos edad y cohorte", *Investigaciones Económicas*, vol. XXXII, núm. 1: 87-121.
- Attanasio, Orazio [1998], "Cohort analysis of saving behavior by U. S. Households", *The Journal of Human Resources*, vol. 33, núm. 3: 575-609.
- Attanasio, Orazio y Hilary Hoynes [1995], "Differential mortality and wealth accumulation, National Bureau of Economic Research", *Working Paper 5126*, Cambridge, MA, National Bureau of Economic Research.
- Browning, Martin y Annamaria Lusardi [1996], "Household saving: Micro theories and micro facts", *Journal of Economic Literature*, vol. 34, núm. 4: 1797-1855.
- Browning, Martin, Angus Deaton y Margaret Irish [1985], "A profitable approach to labor supply and commodity demands over the life-cycle", *Econometrica*, núm. 53: 503-543.
- Deaton, Angus [1997], *The Analysis of Households Surveys: A Microeconomic Approach to Development Policy*, Baltimore, Maryland, Johns Hopkins University Press.
- [1990], "Saving in developing countries: theory and review", *World Bank Economic Review, Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics*: 61-96.
- Deaton, Angus y Christina Paxson [2000], "Growth, Demographic Structure, and National Saving in Taiwan", *Population and Development Review*, vol. 26, Supplement: Population and Economic Change in East Asia: 141-173.
- [1998], *Saving and Growth: Another Look at the Cohort Evidence*, Princeton University: 32.

- ____ [1993], “Saving, Growth and aging in Taiwan”, National Bureau of Economic Research, *NBER Working Paper*, núm. 4330.
- Heckman, James y Richard Robb [1985], “Age-Period-Cohort Analysis and the Study of Deaths from Pulmonary Tuberculosis”, en William Mason y Stephen Fienberg (eds.), *Cohort Analysis in Social Research: Beyond the Identification Problem*, Nueva York, Springer-Verlag: 137-150.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [2008], Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2008, Microdatos, <<https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/tradicional/2008/>>.
- ____ [2006], Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2006, Microdatos, <<https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/tradicional/2006/>>.
- ____ [2004], Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2004, Microdatos, <<https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/tradicional/2004/>>.
- ____ [2002], Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2002, Microdatos, <<https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/tradicional/2002/>>.
- ____ [2000], Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2000, Microdatos, <<https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/tradicional/2000/>>.
- ____ [1998], Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 1998, Microdatos, <<https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/tradicional/1998/>>.
- ____ [1996], Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 1996, Microdatos, <<https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/tradicional/1996/>>.
- ____ [1994], Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 1994, Microdatos, <<https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/tradicional/1994/>>.

- Mason, William y Stephen Fienberg [1985], *Cohort Analysis in Social Research: Beyond the Identification Problem*, Nueva York, Springer-Verlag.
- Shorrocks, A. F. [1975], “The Age-Wealth Relationship: A Cross-Section and Cohort Analysis”, *The Review of Economics and Statistics*, vol. 57, núm. 2: 155-163.
- Verbeek, Marno [2008], “Pseudo-Panels and Repeated Cross-Sections”, en L. Mátyás y P. Sevestre P. (eds.), *The Econometrics of Panel Data*, Berlín Heidelberg, Springer-Verlag: 369-383.

7. FACTORES SOCIOECONÓMICOS ASOCIADOS AL RIESGO DE LA PEA POR PRIVACIÓN EN SALUD ANÁLISIS DE TRANSICIÓN LATENTE, ANTES Y DURANTE LA COVID-19 EN MÉXICO

Yedith Betzabé Guillén Fernández

INTRODUCCIÓN

México, al igual que otros países pobres y en desarrollo, ha enfrentado la pandemia por la covid-19 con situaciones críticas en términos económicos que afectan las condiciones laborales de las personas, con incrementos en la subocupación y el desempleo, así como en la carencia por acceso a la seguridad social, situaciones que también se presentan para los trabajadores del sector informal de la economía. La crisis económica generada en México después de la pandemia por covid-19 ha incrementado los riesgos de privación en el acceso a servicios de salud de la población económicamente activa (PEA), derivado de tasas altas de subocupación, informalidad y desempleo.

En este contexto de la pandemia por la covid-19, el sistema de protección social y salud se ha visto rebasado [Cepal, 2020]. Las cifras de la Encuesta Telefónica de Ocupación y Empleo (ETOE) revelan que 43 % de los ocupados tuvo acceso a servicios de salud en mayo de 2020, mientras que 57 % reportó no tener acceso; es decir, más de la mitad de la población ocupada no contó con acceso a servicio médico como una prestación de su trabajo [Coneval, 2020]. Asimismo, si

consideramos la población nacional de ocupados en México, la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) señala una incidencia de 61 % durante el primer trimestre de 2021, meses después a la que muestra la ETOE y ligeramente superior, en lo referente a privación por seguridad en salud.

La situación actual de pandemia revela inevitablemente la necesidad de repensar el sistema de salud en México, con miras a brindar un sistema de salud universal, basado en los derechos de los ciudadanos consagrados en la Constitución mexicana. El artículo 4° constitucional reconoce el derecho de todos los mexicanos a la protección de la salud y obliga a cumplir el ejercicio progresivo de los derechos humanos, entre los cuales la salud es uno de los fundamentales [Poder Ejecutivo, 2022]. Sin embargo, el ejercicio universal e igualitario del derecho a la salud no se ha cumplido; la explicación se encuentra en la prevalencia de un sistema de salud en México caracterizado por ser segmentado, heterogéneo y fragmentado, instaurado con la puesta en marcha del modelo económico de “ajuste estructural” de 1982 [Barba-Solano, 2004], y que no se ha renovado en lo referente al acceso y uso de los servicios públicos de salud, así como en su calidad. Esto conduce a la disminución del bienestar de la población y al incremento de la pobreza [Lomelí-Vanegas, 2020].

Este proceso ha creado exclusión social y desigualdades para diferentes grupos de población en México, a causa de que el sistema de seguridad social, que incluye la salud pública, se ha orientado sólo a los empleados formales [Filgueira, 2007; Frenk, 2006]. Asimismo, la PEA se ha visto vulnerable ante las condiciones críticas de la economía actual, a raíz de la pandemia por covid-19, en particular afectando el ingreso de los trabajadores para cubrir sus gastos básicos [Samaniego, 2020] e incrementando su privación a la salud y la seguridad social [Coneval, 2020]. Se requiere mayor inversión pública en servicios de salud ante los actuales rezagos acentuados por el contexto pandémico [Lomelí-Vanegas, 2020].

En este estudio, se estima la transición de experimentar incrementos en los riesgos de privación de la PEA en México, como resultado de la carencia de acceso a servicios de salud o por falta de acceso al sistema de seguridad social. El Análisis de Transición Latente es la metodología utilizada para estimar las probabilidades de transición en dos puntos en el tiempo: el primer trimestre de 2020, previo a la declaración de la contingencia por la pandemia de covid-19 (30 marzo de 2020), y el primer trimestre del año 2021, tiempo en que las condiciones económicas y laborales se tornan críticas.

La importancia de esta investigación radica en admitir que el trabajo formal es una de las principales fuentes de bienestar y de acceso a la salud de la población económicamente activa y de sus familias. Sin embargo, el sistema contributivo de seguridad social no incluye a trabajadores del sector informal, desempleados y subocupados, por lo que estos no acceden a instituciones de salud pública con esquemas completos e integrales de atención a la salud. Por lo tanto, esta investigación aborda la “privación en salud” de la PEA, y se entiende como la carencia de acceso a los servicios de salud, ya sean públicos o privados; también contempla la falta de registro en el sistema de seguridad social de México, porque esto implica que las personas no tienen acceso a instituciones públicas de salud como el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) ni al Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) (además de distintas prestaciones establecidas en el marco legal mexicano).

La pregunta de investigación de este artículo cuestiona si se han incrementado los riesgos de privación en el acceso a los servicios de salud de la PEA durante la recesión económica por la pandemia, y cuáles son los factores socioeconómicos que han influido en los incrementos del riesgo. La metodología que se utilizará para la estimación de los riesgos de privación en el acceso a la salud en dos puntos en el tiempo es un modelo multivariado de Análisis de Transición Latente

(ATL). La fortaleza de ATL radica en que permite analizar las trayectorias de riesgo de la PEA bajo un enfoque longitudinal, utilizando además una variable latente dependiente que en este caso está definida por diferentes variables observadas que dan cuenta de la privación en el acceso a servicios de salud y de las condiciones de seguridad social. Cabe señalar que esta metodología se limita al análisis basado en datos panel o retrospectivos que siguen a los mismos individuos en el tiempo.

La ventaja de utilizar la metodología ATL es que permite conocer no sólo las probabilidades de transitar de un estado de no privación a privación en el acceso a la salud, sino también para indagar sobre los determinantes sociales, económicos o de otro tipo que influyen en estos riesgos (dados como covariables en el modelo ATL), como el desempleo o subocupación, el tipo de localidad, la rama de actividad, entre otros, además de proporcionar las incidencias del problema de estudio por categoría (por ejemplo, carente en salud y no carente) en los periodos de tiempo t y $t+1$.

El primer momento de análisis se define en el primer trimestre de 2020 (periodo t) —antes de declarada la contingencia por la pandemia covid-19 en México—. Estas medidas sanitarias fueron publicadas por el Gobierno Federal el 30 de marzo de 2020 [Secretaría de Salud, 2020]; esto con el fin de no sesgar las estimaciones referentes a las condiciones de seguridad social y laborales de la PEA previas a la crisis económica generada por la pandemia. El segundo momento en el tiempo estudiado es el primer trimestre de 2021 (periodo $t+1$), un año después; esto debido a que se pronosticó el descenso en la producción industrial y del empleo en el contexto de la recesión económica por la pandemia de covid-19, desde el segundo trimestre de 2020 [Sánchez-Vargas, 2020] —después de declarada la contingencia—, y estas condiciones económicas en México continuaban en 2021. El análisis cuantitativo se estima con datos de la ENOE. Los resultados muestran que

la subocupación, la desocupación, entre otros factores, determinan la privación en el acceso a salud.

LA ECONOMÍA LABORAL, SEGURIDAD SOCIAL Y SALUD EN TIEMPOS DE LA COVID-19

El problema económico objeto de esta investigación se aborda especialmente a continuación de la crisis de la economía laboral una vez declaradas las medidas sanitarias por la pandemia de covid-19 en 2020, con lo que se generaron diversas consecuencias para la PEA caracterizadas no sólo por incrementos en la precarización salarial, subocupación, desempleo, sino también por la contracción del porcentaje de trabajadores que acceden a servicios de salud públicos o privados, más la disminución de los trabajadores inscritos en el sistema de seguridad social.

En términos laborales y porcentuales, el empleo formal se desplomó 5.0 % entre fines de febrero y fines de mayo de 2020, lo cual superó el punto más crítico de la llamada Gran Recesión de 2008-2009 y a la crisis financiera 1994-1995, que ha sido la más profunda de los últimos 50 años. Asimismo, la pérdida acumulada de empleos en marzo, abril y mayo de 2020, después de declarada la contingencia, agravó la situación de los trabajadores que presentan mayor precariedad salarial; es decir, se concentró en trabajadores con un ingreso menor a dos salarios mínimos [Samaniego, 2020]. De acuerdo con Boltvinik y Damián [2020], en los registros del IMSS; esto es, del sector formal, se reportaron 20.5 millones de puestos de trabajo en marzo de 2020 contra 55.8 millones de ocupados de la ENOE, por lo que el sector formal (únicamente con los registros del IMSS) sólo representa 36.7 % de este total. La evolución de los asegurados disminuyó entre mayo de 2019 y mayo de 2020, notificándose una caída de 3.9 % de los asegurados totales, 2.89 % en los permanentes y 10.2 % en los eventuales.

Los empleos registrados en el IMSS que se redujeron por sector de actividad económica respecto a marzo de 2020 fueron los servicios para empresas, personas y el hogar (menos 279 600 empleos); la industria de la construcción (229.400 empleos); y la industria de la transformación (185 200 empleos) (Coneval [2020] cita datos de la Secretaría del Trabajo). Los trabajadores por cuenta propia se vieron más afectados que los asalariados, a causa de que el número de ocupados cayó de marzo de 2019 a abril de 2020 en 36 % y 17 %, respectivamente [Boltvinik y Damián, 2020]. Asimismo, el retiro masivo de 10.4 millones de trabajadores informales durante el confinamiento redujo la tasa de informalidad registrada en 55.7 % en marzo a 47.8 % en abril de 2020 [Samaniego, 2020]. Con base en información de la Encuesta Telefónica sobre covid-19 y Mercado Laboral Ecovid-ML, de la población de 18 años y más usuaria de teléfono, en la mayor parte de los trabajos perdidos temporalmente en abril de 2020, 91.5 % no tenía acceso a servicios de salud como prestación laboral, esto indica que el sector informal fue el más afectado durante abril, como consecuencia de la contingencia por la covid-19 [Coneval, 2020].

Otro cambio importante que se observa es la disminución en el número de horas semanales promedio trabajadas por ocupado, que mostró 5.2 horas; es decir, 12 % menos de lo mostrado en marzo de 2019 en comparación con marzo de 2020, y la media de horas semanales cayó a 37.8 horas en abril de 2020 [Boltvinik y Damián]. Con datos de la ENOE, había 4.7 millones de personas subocupadas antes de la crisis económica por la pandemia. Esta situación subóptima del empleo casi se triplicó en el periodo de contingencia sanitaria de mayo de 2020 hasta alcanzar la cifra de 13.0 millones de personas [Coneval, 2020]. En lo que respecta a la carencia por acceso a salud, la PEA ha mostrado niveles de 62 % desde 2020 hasta 2022, según datos de la ENOE. Este nivel se explica no sólo porque los hombres mantienen altos niveles de privación en

seguridad social y salud, sino en virtud de que las mujeres incrementaron esta incidencia entre el primer trimestre de 2021 y el primer trimestre de 2022, de 58 % a 60 por ciento.

La pandemia ha puesto en evidencia que la inversión en salud es baja comparada con el grado de desarrollo y las necesidades de México, y además que la distribución de servicios médicos no contribuye a reducir las disparidades en los indicadores de salud [Lomelí-Vanegas, 2020]. La marcada inequidad es consecuencia de la vinculación entre el acceso a la seguridad social y tener un empleo formal; asimismo, el hecho de que el Estado mexicano requiere implementar medidas integradoras al sistema de seguridad social, incluyendo la salud de los trabajadores del sector informal, subocupados y desempleados [Lustig, 2007].

METODOLOGÍA

Esta investigación se fundamenta en el Análisis de Transición Latente (ATL), que a su vez es una variante del Análisis de Clases Latentes (ACL); ambos son modelos de ecuaciones estructurales que surgen de la estadística multivariada. El ACL es un método estadístico que tiene como objetivo caracterizar un conjunto de variables categóricas latentes sobre la base de la estructura de relaciones de un conjunto de variables manifiestas [Lazarsfeld y Henry, 1968]. El modelo de clases latentes se expresa en términos de la prevalencia de la clase latente estimada (es decir, las probabilidades de pertenencia a la clase) y las probabilidades estimadas de respuesta a cada ítem dada la pertenencia a la clase [Collins y Lanza, 2010]. El ATL y el ACL se utilizan en estudios basados en modelación de ecuaciones estructurales; en estos casos, el investigador a menudo usa conceptos o variables de interés que no son susceptibles de medirse directamente, sino que se aproximan mediante variables manifiestas. Tanto el ACL como el ATL parten

del supuesto de que las variables tienen una estructura de correlación entre ellas, la cual puede generar variables latentes (llamadas factores). Ambos enfoques nos permiten identificar clases no observables (latentes) dentro de una población en función de las respuestas de múltiples variables observadas [Vermunt y Magidson, 2002].

En particular, el ATL nos facilita evaluar el movimiento entre diferentes clases a lo largo del tiempo, en términos de probabilidad de transición (riesgo o vulnerabilidad), con base en probabilidades condicionales. El ATL nos permite también realizar un análisis longitudinal con base en distintas condicionantes (covariables) que pueden variar en el tiempo, por lo que los patrones o trayectorias estimadas pueden variar. La modelación ACL facilita al investigador abordar cuestiones científicas sobre el número y la naturaleza de las clases latentes. Cuando se dispone de datos longitudinales, el ATL posibilita abordar un conjunto adicional de preguntas: ¿hay cambios entre clases latentes a lo largo del tiempo? Si es así, ¿cómo se puede caracterizar este cambio? Si un individuo está en una clase latente particular en el tiempo t , ¿cuál es la probabilidad de que el individuo esté en esa clase latente en el tiempo $t + 1$, y cuál es la probabilidad de que el individuo esté en una clase latente diferente? El ATL es una forma de ajustar los modelos que abordan este conjunto de preguntas además del conjunto de preguntas que aborda el ACL [Collins y Lanza, 2010].

Este tipo de modelos, el ACL y el ATL, se han implementado cada vez más a partir del trabajo de Collins y Lanza [2010]; también se han incorporado a la disciplina de la economía de la salud, por ejemplo, Carrieri *et al.* [2020] estudiaron la desigualdad de oportunidades en salud. Asimismo, se han llevado a cabo trabajos a partir de la pandemia por la covid-19 para estimar subgrupos de población en riesgo de padecer dicha enfermedad en distintos puntos del tiempo y según distintos factores socioeconómicos [Jackson *et al.*, 2022]. Las investigaciones

con el método del ATL son trascendentales en momentos en los que la población pasa de un momento no crítico a otro crítico; o viceversa, en el caso de pandemias, hambrunas, crisis económicas, etcétera.

En México, de forma más reciente se implementan estas técnicas de estadística multivariada para los estudios de pobreza, por ejemplo, el estudio longitudinal de Cortés y Vargas-Chanes [2016] sobre marginación, quienes utilizaron modelos de ATL; o bien, el estudio de análisis de clases condicional (ACLC) sobre pobreza infantil de Guillén-Fernández y Vargas-Chanes [2021], el cual llena un vacío en lo concerniente al conocimiento de los riesgos y probabilidades de pertenecer a “clases latentes”, ya sea con datos de corte transversal o a lo largo del tiempo y direccionados a problemas socioeconómicos determinados. Así se expanden el conocimiento y los requerimientos para el levantamiento de datos longitudinales. Además, estos tipos de análisis en conjunto permiten informar a la política pública, objetivo también de este estudio.

Las modelaciones estadísticas por ATL y ACL tienen sus raíces en la investigación social. El ATL se desarrolló y utilizó inicialmente en estudios clínicos y psicométricos. Las principales aplicaciones se refieren al análisis del riesgo en conductas que conducen al agravamiento de adicciones o enfermedades [Acconcia *et al.*, 2020]. Graham *et al.* [1991] utilizaron el ATL para evaluar los efectos a lo largo del tiempo de un programa para prevenir el uso de sustancias adictivas, incluidos el alcohol y el tabaco, entre los adolescentes. Lanza y Collins [2002] son investigadoras de la Pennsylvania State University y líderes en los estudios sociales y desarrollo humano aplicando estas metodologías; por ejemplo, usan encuestas longitudinales como el Estudio Longitudinal Nacional de Salud de los Adolescentes de Estados Unidos para estimar el inicio de la dependencia de sustancias en adolescentes mujeres o para la optimización de intervenciones conductuales, bioconductuales, biomédicas, entre otros estudios [Collins y Kugler, 2018].

En México, se han llevado a cabo algunos estudios basados en este tipo de metodologías, pero aún falta mayor desarrollo. Cortés y Vargas-Chanes [2016] estimaron un Índice de Marginación (IM) para contrastarlo con el IM del Consejo Nacional de Población (Conapo), este último estimado con el método de componentes principales. Su planteamiento original fue que el IM de Conapo plantea una limitación en cuanto a la comparabilidad de la evolución longitudinal del problema de la marginación, debido a que presenta una combinación lineal de variables estandarizadas, lo que implica que la varianza de los factores sea igual a 1, por lo que las variables no preservan su escala original, esto las hace no ser comparables en el tiempo [Cortés y Vargas-Chanes, 2016; Kline, 2015]. Entonces, los autores emplearon la metodología de ATL porque tiene la ventaja de conocer el tránsito, en este caso de los municipios de una categoría de marginación a otra a lo largo del tiempo, y averiguaron si los municipios clasificados en las categorías de marginación más alta en el pasado continuaban siendo clasificados en esa clase en la actualidad o si cambiaron con el transcurso del tiempo.

Fundamento matemático de ATL

El ACLC se puede utilizar con el fin de obtener grupos latentes, en este caso de la PEA en situación de privación en el acceso a salud en un punto en el tiempo. El ACLC usa covariables para predecir las probabilidades de experimentar múltiples privaciones para cada clase latente; las covariables nos ayudan a predecir mejor los grupos de privación, obteniendo estimaciones más robustas [Guillén-Fernández y Vargas-Chanes, 2021]. ACL¹ es el fundamento de la metodología ATL y sus bases matemáticas se explican a continuación:

¹ ACLC y ACL se distinguen por el uso de covariables o no; el primer caso sí las utiliza.

El teorema de Bayes $P(A|B) = \frac{P(B|A) P(A)}{P(B)}$ se utiliza para estimar las probabilidades posteriores de clase (*the posterior probabilities of class*) [Collins y Lanza, 2010: 68], que indican la probabilidad de una observación específica que se organiza en una clase determinada y se expresa de la siguiente manera [Wang y Wang, 2012: 291]:

$$P(C = k | X_1, X_2, \dots, X_q) = \frac{P(C = k) P(X_1 | C = k) P(X_2 | C = k) \dots P(X_q | C = k)}{P(X_1, X_2, \dots, X_q)} \quad (1)$$

Las probabilidades condicionales son las asociadas con las clases latentes (mostradas en el lado izquierdo de la fórmula 1), y el promedio de estas probabilidades es equivalente a la frecuencia relativa de pertenencia a cada clase. Así, una probabilidad condicional cercana a la unidad indica la probabilidad de pertenecer a una clase específica y una probabilidad cercana a 0 indica que no pertenece a esa clase. Para calcular la probabilidad de pertenencia a una clase, esta se puede definir de la siguiente manera:

$$P(X_q = x_{qj} | C = k) = \frac{1}{1 + \exp(-L_{jk})}, \quad (2),$$

donde x_q toma un valor j-ésimo igual a x_{qj} y $q = 1, 2, \dots, Q$.

Los modelos ACL deben mostrar un alto grado de separación de clases latentes, esto indica que existe un patrón de respuesta con una gran tasa de probabilidad condicional de ocurrencia en una clase latente y una pequeña tasa de probabilidad condicional de ocurrencia en cualquiera de las otras clases latentes [Collins y Lanza, 2010]. Por otro lado, en el ATL la probabilidad de transición de un estado a otro se calcula como una cadena de Markov [Bartolucci y Pennoni, 2007] y el énfasis en ATL está en estimar la incidencia de transiciones a lo largo del tiempo en la pertenencia a una clase latente [Abarda, 2020].

En ATL, suponemos que tenemos n_s estados latentes que se estiman con base en un conjunto de datos que incluye M ítems de respuesta categórica² medidos en cada momento T para un total de ítems MT , una covariable X y una variable de agrupación G . La ecuación matemática que soporta la modelación ATL se describe a continuación, según Abarda [2020: 1118]:

$$Y_i = (Y_{i11}, Y_{i12}, \dots, Y_{iM}, Y_{i21}, Y_{i22}, \dots, Y_{i2M}, \dots, Y_{iT1}, Y_{iT2}, \dots, Y_{iT M}),$$

donde Y_i representa el vector de respuestas del individuo i , para todos los tiempos $t = 1, \dots, T$, y los índices $m = 1, \dots, M$.

Una respuesta individual Y_{itm} puede tomar los valores $1, 2, \dots, r_m$. Sean S_{1i}, S_{2i} las membresías de estado latente del individuo i en los momentos 1 y 2, con $S_{ki} = 1, 2, \dots, n_s$; y sea $I(y = k)$ la función indicadora que cumple ser igual a 1 si $y = k$ y 0 en caso contrario. Si G_i representa la membresía del grupo i del individuo. Sea X_i el valor de la covariable X para el individuo i ; entonces el valor de X puede estar relacionado con las probabilidades de pertenencia a los estados latentes (los δ), así como con las probabilidades de transición (los τ). El modelo de transición latente se puede expresar como:

$$P(Y_i = y/X_i = x, G_i = g) = \sum_{s_1=1}^{n_s} \dots \sum_{s_T=1}^{n_s} \delta_{s_1/g}(x) \cdot \tau_{s_2/s_1,g}(x) \cdot \tau_{s_T/s_{T-1},g}(x) \cdot \prod_{m=1}^M \prod_{k=1}^{r_m} \prod_{t=T}^1 e^{I(y_m = k) \cdot \ln \delta_{s_t/s_{t-1},g}(x)}$$

en donde los parámetros delta (δ) son las probabilidades de pertenencia al estado latente en el tiempo 1; los parámetros tau (τ) son las probabilidades de transiciones entre estados latentes a lo largo del tiempo y los parámetros Rho (ρ), las probabilidades de respuesta al ítem, condicionadas a la pertenencia del estado latente y al tiempo. Cuando se incluyen

² Se considera que el número de categorías de respuesta para cada variable es idéntico en los tiempos [Acconcia *et al.*, 2020].

una o más covariables, se pueden estimar dos conjuntos adicionales de parámetros β :

1. Un conjunto de parámetros β que son coeficientes de regresión logística para las covariables que predicen la pertenencia al estado latente en el tiempo 1.
2. Un conjunto adicional de parámetros β que son coeficientes de regresión logística para covariables que predicen transiciones a lo largo del tiempo. Cuando se incluyen covariables, sólo es necesario estimar realmente los parámetros g y β ; en este caso, los parámetros δ y τ se calculan como funciones de los parámetros β y las covariables. Si se incluye una variable de agrupación como el género, todos los conjuntos de parámetros (δ , τ , g , β) se pueden condicionar al grupo.

La probabilidad de pertenecer a estados latentes en el tiempo 1 viene dada por el parámetro $\delta_{sl} / g(x) = P(S_{1i} = s / X_i = x, G_i = g)$, donde los parámetros δ están relacionados con las covariables a través de un modelo logístico multinomial [Agresti, 2002].

En suma, el ATL estima las probabilidades de transición $\Pr [c_{ij}(t+1) | c_{ij}(t)]$, entre dos ocasiones de medición (t y $t+1$), usando modelos multinomiales condicionales [Collins y Lanza, 2010]. Un individuo perteneciente a un estado latente s en cada uno de los momentos t podría haber estado en cualquiera de los estados latentes en el momento inmediatamente anterior, con una probabilidad de transición mayor que 0 si se pasa de ese estado latente a otro [Acconcia *et al.*, 2020]. Si la matriz identidad resultante es igual a 1, entonces no existen cambios en los estados latentes de un tiempo t a un tiempo $t+1$ [Collins y Lanza, 2010].

La bondad del ajuste del modelo y el mejor modelo con transición latente (y su número de clases) se identifica y se selecciona con base en el estadístico chi-cuadrado de razón

de verosimilitud G^2 , además del AIC (criterio de información de Akaike), el BIC (criterio de información bayesiano) y la entropía. Generalmente, elegimos el modelo que minimiza los criterios de información (AIC o BIC) [Abarda, 2020]. El valor de la entropía debe estar cerca de 1, porque indica una clara separación de clases [Collins y Lanza, 2010].

Datos y variables

El modelo estadístico basado en ATL se estima según los datos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE). La ENOE está diseñada como una encuesta de tipo panel con información levantada por trimestres basada en paneles rotativos. El diseño de la muestra es probabilístico, por lo que los resultados obtenidos de la encuesta se pueden generalizar a toda la población. Además, el diseño de muestreo es bietápico, estratificado y por conglomerados, la unidad última de observación es la persona con 15 años o más [Inegi, 2007]. Este análisis utiliza los datos de la PEA entre 18³ y 65 años de edad, que se siguen en dos puntos en el tiempo, en el primer trimestre de 2020 (t) y en el primer trimestre de 2021 ($t+1$), es decir un año después, donde se vislumbran condiciones laborales críticas. El primer punto en el tiempo seleccionado es previo a la contingencia por la pandemia de la covid-19 y otro punto es posterior a la pandemia.

La privación en salud se concibe en este estudio como un constructo latente o variable latente. Kerlinger y Lee [2002] definen este como un concepto/objeto de estudio no observado

³ Los menores de 18 años no son considerados ya que son personas menores de edad, son niños(as) y adolescentes. La Ley Federal del Trabajo establece en su artículo 22 bis que los mayores de 15 años y menores de 18 años que no hayan terminado su educación básica obligatoria no podrán trabajar, salvo ciertas circunstancias. Por ello se toma la población que está dedicada de tiempo completo a trabajar.

que subyace a las variables observadas, y plantean que el interés del estudio se orienta a las relaciones sistemáticas entre variables latentes que se fundamentan en una teoría.

En esta investigación, partimos de las explicaciones teóricas que conciben el acceso a los servicios de salud en México como parte de un sistema contributivo de seguridad social; este último resultante de un modelo de bienestar heterogéneo y que deriva en distintos tipos de acceso a los servicios de salud, de carácter desigual y excluyente [Barba-Solano; 2004; Lomeli-Vanegas, 2020]. Por lo tanto, la privación en salud está definida con distintas variables observadas, las cuales fueron estimadas como dicotómicas, donde el valor de 0 significa que no existe privación y el valor de 1 significa que la persona sufre privación. Las variables observadas de las variables latentes (factores), F_1 , F_2 , F_3 y F_4 de privación en salud, referidas a los tiempos t y $t+1$, son:

F_1 : Población ocupada por condición de acceso a instituciones que brindan servicios de salud, en t .

F_2 : Población clasificada por empleo formal o informal de la actividad principal en t (la categoría 1 denota privación y se codificó así a los que declararon informalidad en el empleo).

F_3 : Población ocupada por condición de acceso a instituciones que brindan servicios de salud, en $t+1$.

F_4 : Población clasificada por empleo formal o informal de la actividad principal, en $t+1$.

Muthén y Muthén [2017] señalan que el modelo ATL asume los mismos factores que componen las variables latentes en t y $t+1$.⁴ Las covariables utilizadas en el modelo son las siguientes:

⁴ Se estimaron otras variables observadas dentro del modelo ATL, como la población que recibe atención médica del IMSS, ISSSTE u otras instituciones, y la población clasificada en su acceso a instituciones que brindan acceso a salud y otras prestaciones sociales. Ambas variables se fusionaron en 1 con F_1 y F_3 , por lo que ya no se incluyeron en el modelo ATL.

Cuadro 1. Factores o covariables definidas para la estimación del modelo ATL

Definición de covariables	Códigos
Nivel educativo	0 = Incluye preparatoria completa o más 1 = Menor a preparatoria completa
Sexo	0 = Hombre 1 = Mujer
Tipo de localidad	0 = Urbano 1 = Rural
Región (Centro-Norte y Sur)	0 = Resto del país 1 = Colima, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Michoacán y Oaxaca
Zona salarial	0 = Zona A 1 = Zona B (integrada por: todos los municipios de los estados de Aguascalientes, Campeche, Coahuila de Zaragoza, Colima, Chiapas, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán de Ocampo, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tlaxcala, Yucatán y Zacatecas; más todos los municipios de los estados de: Chihuahua, Guerrero, Jalisco, México, Nuevo León, Sonora, Tamaulipas y Veracruz de Ignacio de la Llave no comprendidos en el área 'A') [Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, 2020]
Posición de la ocupación	0 = Empleadores y trabajadores remunerados 1 = Trabajadores por cuenta propia y sin pago
Clasificación de la población ocupada por condición de ocupación	0 = Profesionales, técnicos y trabajadores del arte; trabajadores de la educación; funcionarios y directivos; oficinistas; trabajadores en protección y vigilancia 1 = Trabajadores industriales, artesanos y ayudantes; comerciantes; operadores de transporte; trabajadores en servicios personales; trabajadores agropecuarios
Rama de actividad	0 = Industria manufacturera, servicios y otros 1 = Construcción, comercio y agropecuaria
Clasificación de la población como ocupada/desocupada/disponible/no disponible	0 = Ocupada 1 = Desocupada, disponible (no disponible se codificó como <i>missing value</i>)
Clasificación de la población como subocupada o no	0 = No subocupada 1 = Subocupada

Fuente: elaboración propia con base en información de la encuesta ENOE.

Las covariables se codificaron en la misma lógica que las variables observadas, dando el valor de 1 con base en la evidencia previa (explicada en la sección 3 de este estudio) que muestra mayor vulnerabilidad según las características de la PEA en el contexto de la pandemia. Los resultados del modelo de estadística multivariante, ATL, se muestran en tres cuadros relevantes y una gráfica corresponden al análisis de los riesgos de privación en salud de la PEA y se describen a continuación:

1. La bondad del ajuste del modelo con base en las pruebas estadísticas descritas anteriormente: BIC, AIC, etcétera.
2. Las probabilidades de pertenencia a cada clase latente (*class membership probabilities*).
3. Las probabilidades de transición según clases latentes (*latent transition probabilities*).
4. Las razones de momios de los factores socioeconómicos que influyen en los riesgos de privación.

En particular, las probabilidades de transición nos permitirán estimar los riesgos de experimentar privaciones en el acceso a servicios de salud dados los factores socioeconómicos de la población de estudio. Las probabilidades de transición son probabilidades condicionales para las categorías c_2 (privación y no privación) en el tiempo 2, dadas las categorías c_1 (privación y no privación) en el tiempo 1; es decir, c_1 y c_2 se refieren a variables de clase latentes en dos momentos diferentes.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

El ATL nos indica que el mejor modelo es el que presenta dos clases latentes, ya que muestra un valor de entropía cercano a 1; es decir, de 0.979, lo cual indica una clara separación de

grupos latentes en los dos puntos en el tiempo analizados (véase cuadro 2). La PEA se clasifica entonces en dos grupos latentes: a) la que no muestra privación por acceso a servicios de salud y seguridad social y b) aquella que sí muestra privación.

Asimismo, el valor chi-cuadrado de la razón de verosimilitud G^2 es igual en todos los modelos. Sin embargo, observamos que el modelo con cuatro clases latentes⁵ tiene los menores valores de BIC y AIC, que indicarían la bondad del ajuste, aunque el valor de entropía es muy bajo, al igual que en el modelo de tres clases latentes.

En consecuencia, y en términos de política pública y social, es más conveniente tener dos grupos de PEA (privación-no privación) puesto que para la implementación de servicios de salud y seguridad social lo que se pretende es llegar a la universalización y no seguir fragmentando dichos servicios. En este caso, la valoración estadística y el objetivo de política pública son coherentes al permitirnos seleccionar dos grupos de PEA para ser comparados en el tiempo.

Cuadro 2. Bondad del ajuste del modelo

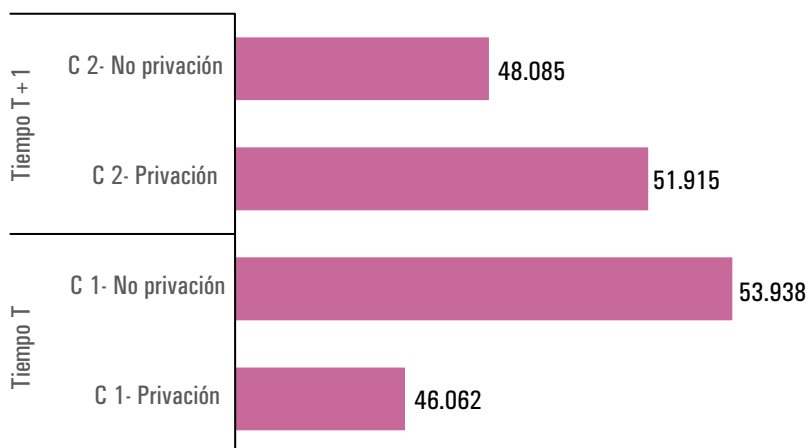
Clases	BIC	AIC	Entropía	ji-cuadrado de razón de verosimilitud G^2	P-value
2	47 060.100	46 959.450	0.979	236.506	0.000
3	38 192.485	37 954.584	0.738	236.506	0.000
4	37 992.654	37 580.902	0.597	236.506	0.000

Fuente: estimaciones propias con base en datos de la ENOE, 2020 y 2021, primer trimestre para ambos años, y estimación del modelo ATL.

⁵ En caso de seleccionar cuatro clases latentes, los grupos podrían identificarse como aquellos que no presentan privación y los que sí la presentan. Estos últimos podrían ser clasificados como privación severa, moderada y leve.

Los resultados del análisis también nos muestran las prevalencias de pertenencia a cada clase latente en dos puntos en el tiempo. La gráfica 1 nos permite observar que el grupo de privación en el tiempo 1 incrementó su prevalencia en el tiempo 2, al pasar de 46 % a 52 %.; por el contrario, el grupo latente que no muestra privación en salud reduce su prevalencia de mantenerse en este estado durante el contexto de la crisis económica por la pandemia, al pasar de 53 % a 48 por ciento.

Gráfica 1. Prevalencias según pertenencia a cada clase latente en t y $t + 1$



Fuente: estimaciones propias con base en datos de la ENOE, 2020 y 2021, primer trimestre para ambos años, y estimación del modelo ATL.

El cuadro 3 presenta las probabilidades de transición (de cambio) de las clases o grupos latentes de un tiempo t a un tiempo $t+1$. Se observa que la probabilidad de transitar a la privación por acceso a los servicios de salud en México es alta para la PEA, dada la crisis económica que se ha suscitado por la pandemia de covid-19. El parámetro $\tau_{1|1}$ indica esta probabilidad de transición de un tiempo a otro y que la permanencia en la clase uno (privación) es de 0.61.

Asimismo, podemos observar al grupo latente de la PEA que no ha presentado privación por salud en el trimestre previo a la contingencia por la pandemia (enero-marzo de 2020) y muestra 0.562 de probabilidades de experimentar privación en salud si continúan las condiciones críticas de empleo que se están viviendo durante la pandemia, evaluadas a un año posterior al inicio de la contingencia (enero-marzo de 2021). Por otro lado, las menores probabilidades de transición son para quienes no presentan privaciones en el segundo momento en el tiempo, de 0.389 para quienes tenían privación y 0.438 para quienes no tenían privación, ambos en el tiempo precedente t .

Cuadro 3. Tabla de contingencia con probabilidades de transición de t a $t + 1$, según clases latentes

Modelo 1	Tiempo 2	Privación	No privación
	Clases	1	0
Tiempo 1			
Privación	1	$T_{1 1}$ 0.611	$T_{2 1}$ 0.389
No privación	0	$T_{1 2}$ 0.562	$T_{2 2}$ 0.438

Fuente: estimaciones propias con base en datos de la ENOE, 2020 y 2021, primer trimestre para ambos años y estimación del modelo ATL.

Los riesgos de experimentar privación por salud se expresan en razones de momios (RM) en la gráfica 2. Los valores de las covariables utilizadas en el modelo y que fueron estadísticamente significativos al nivel de confianza de $p < 0.001$ se muestran en el Apéndice. La clase latente de referencia es la

PEA que no presentó privación en salud; es decir, tanto el Apéndice como la gráfica 2 muestran las RM para la clase latente de privación en t y $t+1$ la última mencionada. Todas las variables utilizadas muestran altos riesgos: las RM mayores a 1 y menores a 2 están dadas por determinantes socioeconómicos como el nivel educativo, el sexo, el tipo de localidad, la entidad. Por ejemplo, la PEA que tiene niveles educativos debajo de la norma constitucional (menor a preparatoria completa), clasificada en el grupo latente de privación en salud, muestra mayores riesgos en comparación con la clase latente de no privación con mayor nivel educativo (1.962 RM) (Apéndice). Asimismo, las mujeres, las personas que viven en localidades rurales y los(as) trabajadores(as) que viven en una entidad del sur de la república muestran mayor vulnerabilidad.

Las covariables que oscilan en un rango entre 2 y 3 RM son la zona salarial B y la posición de ocupación que incluye a los trabajadores más vulnerables (Apéndice). En $t+1$ se añade la población desocupada, quienes tienen mayores riesgos de privación en salud que la población ocupada de la clase latente sin privación.

Los determinantes socioeconómicos que oscilan en más de 3 RM son los trabajadores por cuenta propia y sin pago (tiempo t) y se suman los subocupados (t y $t+1$). Aún más, los trabajadores que laboran en las ramas de actividad económica de la construcción, el comercio y agropecuaria fueron significativas con las RM más altas en el periodo de análisis de $t+1$ (4.964 RM) (véase gráfica 2).

Cuadro 4. Covariables y razones de momios para la clase latente de privación en t y $t+1$

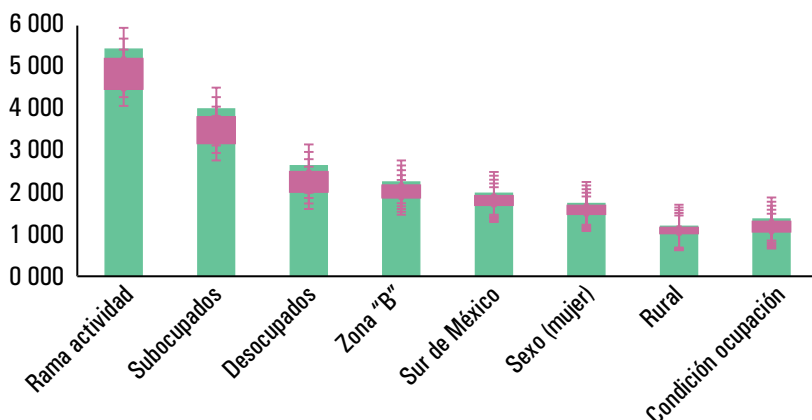
Covariables / periodo de tiempo	Razones de momios	
	$t+1$	T
Rama actividad (construcción, comercio y agropecuaria)	4.964	N.s.
Clasificación por ocupación (subocupados)	3.597	3.609
Clasificación empleo (desocupados)	2.336	N.s.
Zona salarial "B"	2.074	2.406
Región (sur de Méx.)	1.850	1.923
Sexo (mujer)	1.621	1.268
Localidad (rural)	1.118	1.750
Condición de ocupación (trabajadores industriales, artesanos y ayudantes; comerciantes; operadores de transporte; trabajadores en servicios personales; trabajadores agropecuarios)	1.225	3.934
Posición de ocupación (trabajadores por cuenta propia y sin pago)	N.s.	2.259
Nivel educativo (menor a preparatoria completa)	N.s.	1.962

Fuente: estimaciones propias con base en datos de la ENOE, 2020 y 2021, primer trimestre para ambos años, y estimación del modelo ATL.

Nota: las razones de momios fueron estadísticamente significativas en $p < 0.001$.

N.s. No significativa.

Gráfica 2. Razones de momios para la clase latente de privación en acceso a salud en el periodo $t + 1$



Notas: las razones de momios fueron estadísticamente significativas en $p < 0.001$.

La rama de actividad para las personas en privación en salud se refiere a la construcción, al comercio y la rama agropecuaria.

La zona "B" de salarios incluye los municipios de los estados de Aguascalientes, Campeche, Coahuila de Zaragoza, Colima, Chiapas, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán de Ocampo, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tlaxcala, Yucatán y Zacatecas, más todos los municipios de los estados de Chihuahua, Guerrero, Jalisco, México, Nuevo León, Sonora, Tamaulipas y Veracruz de Ignacio de la Llave no comprendidos en el área "A".

La región del sur de México integra los estados de Colima, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Michoacán y Oaxaca.

La condición de ocupación, en este caso, es para los trabajadores que presentan mayores riesgos en privación por acceso a salud y son los trabajadores industriales, artesanos y ayudantes; comerciantes; operadores de transporte; trabajadores en servicios personales y trabajadores agropecuarios.

Fuente: estimaciones propias con base en datos de la ENOE, 2020 y 2021, primer trimestre para ambos años, y estimación del modelo ATL.

CONCLUSIONES

Se plantean retos importantes para el diseño y la implementación de la política pública si continúa la crisis económica y laboral dado el contexto de la pandemia por covid-19. Se ha mostrado que existen subgrupos de población de la PEA que han sido más afectados porque han perdido su empleo, han disminuido sus horas laborales o se han incorporado a sectores informales, todas estas condiciones con no acceso a seguridad social y servicios de salud.

El modelo de análisis de estadística multivariante ATL corrobora empíricamente los riesgos de privación en salud de la PEA dados ciertos factores socioeconómicos, a consecuencia de la crisis económica y laboral que vive México y el mundo, surgida después de la pandemia. Los resultados mostraron altas probabilidades de transitar a la privación por acceso a servicios de salud en este contexto: 0.61 de probabilidad para la PEA, lo cual significa la profundización del estado de privación por acceso a salud en el tiempo $t+1$, y 0.56 de probabilidad en privación para la PEA que no se contemplaba en privación en el periodo previo a la contingencia. Asimismo, el modelo ATL arrojó una prevalencia para el “grupo latente” de privación (PEA) por acceso a servicios de salud y seguridad social de 52 % en el primer trimestre de 2021, con las variables observadas (factores) que fueron significativas en el modelo.

BIBLIOGRAFÍA

Abarda, A., M. Dakkon, M. Azhari, A. Zaaloul y M. Khabouze [2020], “Latent transition analysis (LTA): a method for identifying differences in longitudinal change among unobserved groups”, *Procedia Computer Science*, (170): 1116-1121.

- Acconcia, A., M. Carannante, M. Misuraca y G. Scepi [2020], “Measuring Vulnerability to Poverty with Latent Transition Analysis”, *Social Indicators Research* (151): 1-31.
- Agresti, A. [2002], *Categorical Data Analysis*, 2a. ed., Estados Unidos, Wiley-Interscience.
- Barba-Solano, C. [2004], *Régimen de bienestar y reforma social en México*, Santiago de Chile, Naciones Unidas/Cepal (Serie Políticas Sociales, 92).
- Bartolucci, F. y F. Pennoni [2007], “A class of latent markov models for capture-recapture data allowing for time, heterogeneity and behavior effects”, *Biometrics*, 63(2): 568-578.
- Boltvinik, J. y A. Damián [2020], “El covid-19 está aumentando mucho la pobreza y desigualdad”, *Economía UNAM*, 18(51): 374-385.
- Carrieri, V., A. Davillas y A. M. Jones [2020], “A latent class approach to inequity in health using biomarker data”, *Health Economics*, (29): 808-826.
- Cepal [2020], *Aprender de la historia, atender la emergencia, repensar el futuro. México, Centroamérica y el Caribe frente a la pandemia: diagnóstico y perspectivas* (LC/MEX/TS.2020/17/Rev.2), México, Naciones Unidas.
- Coneval [2020], *Pobreza laboral con la Encuesta Telefónica de Ocupación y Empleo (ETOE) ante la crisis sanitaria generada por la covid-19*, comunicado de prensa, Ciudad de México, <<https://bit.ly/446fwjj>>, consulta: 27 de julio de 2020.
- ____ [2018], *Estudio Diagnóstico del Derecho a la Salud 2018*, México, Coneval.
- Cortés, F. y D. Vargas-Chanes [2016], *Dos décadas de marginación en México. Un análisis longitudinal*, México, PUE-UNAM.
- Collins, L. y K. Kugler [2018], *Optimization of behavioral, biobehavioral, and biomedical interventions advanced topics: advanced topics*, Nueva York, Springer.

- Collins, L. M. y S. Lanza T. [2010], *Latent class and latent transition analysis: with applications in the social, behavioral, and health sciences*, Nueva York, John Wiley & Sons.
- Filgueira, F. [2007], *Cohesión, riesgo y arquitectura de protección social en América Latina*, Santiago de Chile, Cepal (Serie Políticas Sociales, 135).
- Frenk, J. [2006], "Bridging the divide: global lessons from evidence-based health policy in Mexico", *Public Health*, 368 (9539), 954-961.
- Gómez-Dantés, O., S. Sesma, V. Becerril, F. Knaul, H. Arreola y J. Frenk [2011], "Sistema de Salud de México", *Salud Pública de México*, 53(2): S220-S232, Instituto Nacional de Salud Pública, Cuernavaca, México.
- Graham, J., L. Collins, S. Wugalter, N. K. J. Chung y W. B. Hansen [1991], "Modeling transitions in latent stage-sequential processes: A substance use prevention example", *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 59(1): 48-57.
- Guillén-Fernández, Y. y D. Vargas-Chanes [2021], "Multidimensional child poverty from the Child rightsbased approach: A latent class analysis to estimating child poverty groups in Mexico", *Child Indicators Research*, 14(5): 1949-1978.
- Jackson, A., R. H. Weaver, E. Weybright, J. Lanigan, L. Parker, A. Iniguez y A. Decker [2022], "Changes in social, economic, and health risk factors across the lifespan during the covid-19 pandemic: a latent transition analysis", *Journal of Prevention and Health Promotion*, 3(4): 539-62.
- Kerlinger, F. y B. Lee Noward [2002], *Investigación del comportamiento: métodos de investigación en ciencias sociales*, México, McGraw Hill.
- Kline, Rex B. [2015], *Principles and practice of structural equation modeling*, Nueva York, The Guilford Press.
- Lanza, S. y L. Collins [2002], "Pubertal timing and the stages of substance use in females during early adolescence", *Prevention Science*, 3(1): 69-82.

- Lazarsfeld, P. y N. W. Henry [1968], *Latent structure analysis*, Boston, Houghton-Mifflin.
- Lomelí-Vanegas, L. [2020], “La economía de la salud en México”, *Revista de la Cepal*, núm. 132, edición especial: *El covid-19 y la crisis socioeconómica en América Latina y el Caribe*:195-208.
- Lustig, N. [2007], “Salud y desarrollo económico: El caso de México”, *El Trimestre Económico*, 74(296): 793-822.
- Muthén, L. K. y B. O. Muthén [2017], *Mplus: statistical analysis with latent variables: user’s guide* (version 8), Los Angeles, Muthen & Muthen.
- Poder Ejecutivo [2022], *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, Constitución publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 5 de febrero de 1917, texto vigente, última reforma publicada, *DOF*, 18-11-2022, <<https://cutt.ly/CwiriSy3>>, consulta: 10 de diciembre de 2022.
- Samaniego, N. [2020], “El covid-19 y el desplome del empleo en México”, *Economía UNAM*, 17(51): 306-314.
- Sánchez Vargas, A. [2020], “La temporalidad de la crisis económica generada por el SARS-COV-2: Un enfoque de indicadores coincidentes”, *Panorama Económico*, 16(32): 71-87.
- Secretaría de Salud [30 de marzo de 2020], *Medidas de seguridad sanitaria*, México, Consejo de Salubridad General, <<https://bit.ly/3ACzW5K>>, consulta: 27 de julio de 2020.
- Vermunt, J. y J. Magidson [2002], “Latent class cluster analysis”, en J. Hagenaars y A. McCutcheon, *Applied Latent Class Models*, Nueva York, Cambridge University Press: 89-106.
- Wang, Jichuan y Xiaoqian Wang [2012], *Structural Equation Modeling. Applications using Mplus*, Nueva York, John Wiley & Sons.

8. ASIMETRÍA DE UBICACIÓN EN LA DEMANDA DE IMPORTACIONES: EVIDENCIA DE UN MODELO QARDL

*Ramón Valencia Romero
Humberto Ríos Bolívar*

INTRODUCCIÓN

El capítulo tiene como objetivo describir y aplicar el Modelo por Cuantiles Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (QARDL), señalando bajo qué circunstancias es recomendable su uso. La aplicación consiste en estimar las elasticidades precio e ingreso de la demanda de importaciones para el periodo 1993-2021. El punto de partida es el uso del Modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (ARDL), el cual captura el cambio de la media condicional de la demanda de importaciones asociado al cambio en las variables independientes (ingreso y precio). Sin embargo, la magnitud y significancia estadística de los coeficientes de estas variables puede depender de la ubicación de las importaciones dentro de su propia distribución condicional, generándose así asimetría de ubicación. En este sentido, es por medio del reciente modelo QARDL que se combina la cointegración con el uso de cuantiles, permitiendo evaluar la presencia de este tipo de asimetría.

Existen situaciones en las cuales el modelo ARDL no es la mejor opción para modelar la información de estudio. Es decir, cuando esta tiene como características la presencia de observaciones atípicas, no normalidad en su distribución y/o en los

residuos del modelo ARDL. Ante estas características, se recomienda hacer uso del Modelo por Cuantiles Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (QARDL). El capítulo tiene como objetivo describir y aplicar este tipo de modelo. La aplicación consiste en estimar la función de demanda de importaciones de la economía mexicana durante el periodo 1993-2021. En este sentido, se estimarán las elasticidades precio e ingreso de la demanda de importaciones mediante una metodología econométrica de co-integración por cuantiles.

La hipótesis central de la aplicación empírica es que las importaciones han presentado asimetría de ubicación durante el periodo de estudio. Es decir, la magnitud y significancia de los coeficientes de las variables (precio e ingreso) dependen de la ubicación de las importaciones dentro de su distribución, lo que genera este tipo de asimetría. La metodología econométrica descrita en este capítulo contribuye a aumentar los métodos de estimación de una función de demanda, no sólo de importaciones. Por primera vez, se considera el tema de la asimetría de ubicación, lo cual hace posible un estudio más detallado de la demanda. Por consiguiente, las estimaciones y conclusiones obtenidas sin duda ayudarán a tomar decisiones más eficientes.

El capítulo está organizado en cinco secciones. Esta introducción integra la primera. La metodología y su situación actual se presentan en la segunda sección. El modelo aplicado, así como los respectivos resultados, se muestran en las secciones tres y cuatro. Las conclusiones cierran la investigación.

METODOLOGÍA Y SITUACIÓN ACTUAL

Las elasticidades precio e ingreso de la demanda de importaciones han sido estimadas con un modelo doble logaritmo en niveles, en vista de su fácil interpretación y comparación.

Formalmente, las estimaciones inician a finales de 1960 mediante el uso de los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), cuidando la significancia estadística, el coeficiente de determinación, así como el estadístico Durbin-Watson [Houthakker y Magee, 1969]. Sin embargo, el fenómeno de la regresión espuria podía ocurrir cuando las series de cada variable eran no estacionarias o exhibían tendencia estocástica [Yule, 1926]. Es decir, la obtención de una relación estadísticamente significativa entre variables, con un coeficiente de determinación diferente a cero, aunque antes se pensara que no existía relación. Empero, con el uso de series estacionarias la ausencia de relación se confirmaría, de ahí la relevancia de este tipo de series.

Entonces, la regresión entre series no estacionarias causaría la regresión espuria. Pero, si su combinación lineal es estacionaria —representada en los residuales—, se obtiene lo que se denomina cointegración. Económicamente hablando, las variables están cointegradas si existe una relación a largo plazo o de equilibrio entre ellas [Gujarati y Porter, 2010]. Por lo tanto, resulta esencial verificar si los residuos son estacionarios, con lo que se evita el problema de la regresión espuria y se confirma con ello la presencia de cointegración.

El estudio de la cointegración iniciaría hasta la década de los ochenta con las investigaciones de Engle y Granger [Granger, 1981; Engle y Granger, 1987]. A partir de entonces, se han planteado diversos enfoques econométricos para analizarla. A continuación se mencionan los más relevantes. La prueba Engle y Granger se enfoca en averiguar si los residuos son estacionarios, así confirma la presencia de cointegración [Engle y Granger, 1987]. Como ya se ha dicho, la cointegración expresa una relación a largo plazo, pero puede haber desviaciones en el corto plazo. Un Modelo de Corrección de Errores (MCE) las enmienda; este modelo consiste en una regresión de corto plazo; es decir, variables en diferencias —que garantiza la estacionariedad— y un rezago de

los residuos estacionarios cuyo coeficiente indica el ajuste al desequilibrio.¹

De esta manera, Engle y Granger propusieron un enfoque econométrico de dos pasos para analizar la cointegración, una regresión de largo y otra de corto plazo, ambas con arreglo al método de MCO. Cabe mencionar que este enfoque econométrico sólo es aplicable a modelos uniecuaciones, los cuales asumen que sólo existe un vector de cointegración.

Johansen [1995], con respaldo en los Modelos de Vectores Autoregresivos (VAR), propuso un enfoque multiecuacional para estudiar la cointegración, de este modo probó la existencia de múltiples vectores de cointegración. En lugar de usar MCO se requiere de un método de estimación más complejo de máxima verosimilitud. Asimismo, se necesitan variables no estacionarias del mismo orden de integración.

MODELO AUTORREGRESIVO DE REZAGOS DISTRIBUIDOS

En 1995, Pesaran y Shin analizaron la cointegración mediante un nuevo enfoque econométrico, el Modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (ARDL por sus siglas en inglés, *Autoregressive Distributed Lag Model*). Este enfoque tiene varias ventajas, por ejemplo, puede ser calculado usando MCO. Además, no requiere variables estacionarias del mismo orden de integración, pueden ser $I(0)$, $I(1)$ o mutuamente cointegradas; desde luego no deben ser iguales o mayores a $I(2)$. Sin olvidar que se tiene un enfoque de un solo paso; es decir, en una sola ecuación se tienen los efectos de corto y largo plazos de las covariantes en la variable dependiente [Hassler y Wolters, 2006; Pesaran y Shin, 1999; Pesaran *et al.*, 2001].

Incluso con las ventajas que tiene el modelo ARDL, continúa suponiendo simetría, al igual que los anteriores enfoques.

¹ El MCE fue introducido por Sargan [1964].

Es decir, captura el valor promedio de la variable dependiente dados los valores promedio de las variables explicativas. Empero, la relación entre estas y la variable dependiente puede diferir, ello conforme a la ubicación de esta en su propia distribución condicional.

Para incorporar la asimetría, se hace uso de una extensión reciente al modelo ARDL: el Modelo por Cuantiles Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (QARDL, *Quantile Autoregressive Distributed Lag Model*) [Cho *et al.*, 2015]. Básicamente, este modelo consiste en estimar el modelo ARDL, pero empleando la regresión por cuantiles planteada por Koenker y Bassett [1978]. Cabe mencionar que la regresión por cuantiles es más robusta a eventos extraordinarios (observaciones atípicas) y a no normalidad que las regresiones por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) [Brooks, 2019]. Es decir, si los datos contienen algunos valores muy grandes o pequeños, la media no resulta representativa, es mejor describir el centro de los datos a partir de la mediana (el cuantil 0.5). Además, la regresión por cuantiles es una técnica no paramétrica; en este sentido, ninguna suposición distributiva es requerida para estimar óptimamente los parámetros.

Los cuantiles, señalados con τ , indican la posición donde una observación cae dentro de una serie ordenada. Por ejemplo, el cuantil 0.5 es la mediana, el valor que se encuentra en la mitad; el cuantil 0.25 es el valor que coloca 25 % de las observaciones por debajo y 75 % por arriba, y así sucesivamente. En este sentido, la regresión por cuantiles permite modelar toda la distribución condicional de la variable dependiente dadas las variables explicativas (y no sólo la media, tal como lo hacen los MCO). Por lo tanto, se examina su impacto no sólo en la ubicación y escala de la distribución de la dependiente, sino también en la forma de su distribución. De esta manera, por ejemplo, se puede determinar cómo las independientes afectan al primero o cuarto cuantil de la distribución de la dependiente [Brooks, 2019].

La aplicación del modelo QARDL es en la función de demanda de importaciones. Antes corresponde presentar su marco teórico, con el fin de definir sus determinantes. La revisión teórica inicia con la visión neoclásica del modelo de sustitutos imperfectos [Goldstein y Khan, 1985; Houthakker y Magee, 1969]. De acuerdo con este modelo, las importaciones de un país están relacionadas a su ingreso nominal, simbólicamente Y , al precio de las importaciones en moneda nacional, expresado con EP_f —donde E indica el tipo de cambio nominal en unidades de moneda nacional por moneda extranjera— y al precio de los productos sustitutos nacionales P_d [Cermeño y Rivera Ponce, 2016; Leamer y Stern, 1970]. Por lo tanto, la ecuación de las importaciones se expresa como:

$$M = f(Y, EP_f, P_d) \quad (1)$$

Tomando en cuenta la homogeneidad de grado cero en precio, la anterior ecuación toma la siguiente forma:

$$M = f\left(\frac{Y}{P_d}, \frac{EP_f}{P_d}\right) \quad (2)$$

donde $\frac{Y}{P_d}$ y $\frac{EP_f}{P_d}$ representan el ingreso doméstico real, así como el precio relativo de las importaciones, respectivamente. Por lo tanto, el modelo sugiere demandas “marshallianas” bajo un entorno de sustitutos imperfectos.

Por su parte, la visión poskeynesiana de la demanda de importaciones también converge en una demanda marshalliana. Sin embargo, su origen es diferente. Todo comienza analizando el crecimiento económico de largo plazo adoptando un enfoque keynesiano orientado por la demanda; entonces se propone un modelo de crecimiento impulsado por la demanda de exportaciones.

Pero ¿qué determina el crecimiento de las exportaciones? Thirlwall [2003] emplea un multiplicador convencional (elasticidad constante) de la función de demanda de exportaciones que hace esta demanda dependiente de precios relativos —medidos en una moneda común— y del ingreso exterior, simbólicamente:

$$X = A(P_d / P_f E)^\eta Z^\varepsilon \quad (3)$$

De la misma manera para la función de demanda de importaciones:

$$M = B(P_f E / P_d)^\psi Y^\pi \quad (4)$$

Representando ambas funciones en tasas de crecimiento (letras minúsculas):

$$x = \varepsilon(z) + \eta(p_d - p_f - e) \quad (5)$$

$$m = \pi(y) + \psi(p_f + e - p_d) \quad (6)$$

donde p_d es el precio de las exportaciones en moneda nacional; p_f el precio de las importaciones en moneda extranjera; e el tipo de cambio; z el ingreso del exterior; η la elasticidad precio de la demanda de exportaciones; ε la elasticidad ingreso de la demanda de exportaciones; y el ingreso nacional; ψ la elasticidad precio de la demanda de importaciones y π la elasticidad ingreso de la demanda de importaciones.

En este sentido, las ecuaciones 2 y 6 sugieren que la demanda de importaciones es una función del ingreso y del precio relativo de las importaciones en moneda nacional. Es decir, tanto la visión poskeynesiana como el modelo de sustitutos imperfectos convergen en los determinantes teóricos de la demanda de importaciones; el primero analizando el crecimiento económico mediante la demanda, el segundo por medio de la sustitución imperfecta de mercancías, con la maximización de la utilidad.

Siguiendo este marco teórico, la demanda de importaciones mexicana ha sido estimada para diversos periodos, y con diversas metodologías econométricas de cointegración, partiendo de la siguiente ecuación [Cardero y Galindo, 1999; Cermeño y Rivera Ponce, 2016; Loria Díaz, 2001]:

$$lm_t = \beta_1 lr_t + \beta_2 la_t + u_t \quad (7)$$

donde l indica el logaritmo natural de cada variable, m son las importaciones totales, r el tipo de cambio real y a es el Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE), como variables proxy de la demanda de importaciones, del precio relativo de las importaciones y del ingreso, respectivamente. Además, β_1 y β_2 representan los coeficientes del proceso de largo plazo.

Sin embargo, esta ecuación no muestra el proceso de corto plazo; Pesaran y Shin [1999] incorporaron ambos procesos mediante lo que llamaron un Modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (ARDL).

$$lm_t = \sum_{j=1}^{n1} \gamma_j lm_{t-j} + \sum_{j=0}^{n2} \pi lr_{t-j} + \sum_{j=0}^{n3} \phi la_{t-j} + v_t \quad (8)$$

donde v_t es el término de error. Cho *et al.* [2015] extendieron este modelo en un contexto de cuantiles, generando así el modelo QARDL.

$$Q_{lm_t} = \sum_{j=1}^{n1} \gamma_j(\tau) lm_{t-j} + \sum_{j=0}^{n2} \pi(\tau) lr_{t-j} + \sum_{j=0}^{n3} \phi(\tau) la_{t-j} + v_t(\tau) \quad (9)$$

donde τ indica el cuantil ($0 < \tau < 1$). Reescribiendo la ecuación (9) en un Modelo de Corrección de Errores se tiene:

$$\begin{aligned} Q_{dlm_t} = & p(\tau) lm_{t-1} + \sum_{j=1}^{n1} \gamma_j(\tau) dlm_{t-j} + \theta(\tau) lr_{t-1} + \lambda(\tau) la_{t-1} \\ & + \sum_{j=0}^{n2} \pi(\tau) dlr_{t-j} + \sum_{j=0}^{n3} \phi(\tau) dla_{t-j} + e_t(\tau) \end{aligned} \quad (10)$$

La diferencia se representa con D , $\mathbf{r}$ indica el coeficiente de ajuste, γ_j los coeficientes autorregresivos, los efectos de largo plazo se muestran con θ y λ , en cuanto a los efectos de corto plazo se presentan con π y ϕ . El residuo, serialmente no correlacionado, es e_t .

Tal como el estimador de los MCO ($\hat{\beta}$) encuentra el valor medio que minimiza la suma de los residuos al cuadrado, el estimador de la regresión por cuantiles ($\hat{b}_\tau$) obtiene el valor que minimiza la suma de los residuos absolutos ponderados, donde se pondera más la parte con menos observaciones [Brooks, 2019; Koenker y Bassett, 1978], simbólicamente.

$$\hat{b}_\tau = \min_{b \in \mathbb{R}} [\sum_{lm_t \geq b} \tau |e_t| + \sum_{lm_t < b} (1-\tau) |e_t|] \quad (11)$$

Por lo tanto, al obtener $\hat{b}_\tau$ se ha conseguido el efecto de las variables independientes (coeficiente de ajuste, autorregresivos, efectos de corto y largo plazos) sobre el cuantil τ de la distribución de la demanda de importaciones.

Finalmente, resulta útil probar la igualdad de los coeficientes entre cuantiles; así se verifica la ausencia o presencia de asimetría de ubicación.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para este estudio, se emplearon datos nacionales y mensuales de México durante el periodo 1993m01-2021m03, el año base es 2013. El Indicador Global de la Actividad Económica [Inegi, 2021b] y el índice del tipo de cambio real [Banxico, 2021a], representados por la_t y lr_t , son usados para cuantificar sus efectos en lm_t , las importaciones de México en millones de pesos (precios de 2013).²

² Para cambiar las importaciones de dólares corrientes a pesos de 2013, se siguió el proceso planteado por Romero [2012]. Es decir, las importaciones en dólares [Inegi, 2021a]

Un paso previo a la estimación de la demanda de importaciones es averiguar el orden de integración de las variables de estudio. Haciendo uso de las pruebas de raíz unitaria [Dickey-Fuller, 1981; Phillips-Perron, 1988], se encontró que las variables son I(1) (véase cuadro 1). Por ende, es viable llevar a cabo la estimación del modelo ARDL.

Cuadro 1. Pruebas de raíz unitaria

Variable	Dickey Fuller aumentada				Phillips-Perron		
	C	CT	SCT		C	CT	SCT
<i>Lm</i>	-1.99	-2.98	1.88		-2.05	-2.88	2.27
<i>Dlm</i>	-19.13*	-19.15*	-18.94*		-19.36*	-19.48*	-18.96*
<i>DDlm</i>	-10.33*	-10.33*	-10.35*		-172.11*	-192.56*	-171.65*
<i>La</i>	-1.36	-3.06	2.13		-1.40	-3.21***	2.34
<i>Dla</i>	-14.29*	-14.29*	-14.04*		-15.41*	-15.41*	-15.14*
<i>DDla</i>	-12.64*	-12.63*	-12.66*		-104.51*	-104.14*	-104.85*
<i>Lr</i>	-2.73***	-2.82	0.12		-2.44	-2.54	0.15
<i>Dlr</i>	-14.81*	-14.79*	-14.83*		-14.52*	-14.50*	-14.54*
<i>DDlr</i>	-11.87*	-11.85*	-11.89*		-127.02*	-127.50*	-126.18*

Nota: C, CT y SCT se refieren a una caminata aleatoria con Constante, Constante y Tendencia, así como Sin Constante ni Tendencia, respectivamente; *I* indica logaritmo natural, *D* y *DD* expresan primera y segunda diferencia. Hipótesis Nula: serie no estacionaria. *, ** y *** significa rechazo de la hipótesis nula al 1, 5 y 10 %, respectivamente. Fuente: elaboración propia con Eviews 10.

se deflactaron con el Índice de Precios al Productor de Estados Unidos [Federal Reserve Bank of St. Louis, 2021], no se empleó el deflactor de las exportaciones de Estados Unidos, pues este es trimestral y el resto de la información es mensual. Posteriormente, se multiplicaron las importaciones por el tipo de cambio promedio peso-dólar de 2013 [Banxico, 2021b].

En el cuadro 2 se encuentra la estimación. Para determinar el número de rezagos, se usó el criterio de información Schwarz, así como errores estándar robustos a la heteroscedasticidad y autocorrelación.

Cuadro 2. Modelo ARDL de la demanda de importaciones, 1993-2021

Segmento	ARDL	
Uno. Ajuste		
Im_{t-1}	-0.12	[0.03] **
Dos. Autorregresivo		
DIm_{t-1}	-0.26	[0.05] **
DIm_{t-2}	-0.11	[0.04] **
DIm_{t-3}	0.16	[0.04] **
Tres. Largo plazo		
Ir_{t-1}	-0.04	[0.02] **
Ia_{t-1}	0.25	[0.06] **
Cuatro. Corto plazo		
Constante	0.53	[0.13] **
Dla_t	1.43	[0.13] **
Dla_{t-1}	0.94	[0.15] **

Nota: los números en corchetes son los errores estándar, consistentes con heteroscedasticidad y autocorrelación. Los superíndices * y ** indican significancia al 10 y 5 %, respectivamente.

Fuente: elaboración propia con Eviews 10.

Para facilitar la interpretación, el modelo ARDL se dividió en cuatro segmentos; destaca el hecho de que todos sus coeficientes son estadísticamente significativos. El primer segmento contiene el coeficiente de ajuste, es negativo y menor a 1, tal como es requerido por la teoría del modelo de corrección

de errores [Engle y Granger, 1987]. El segundo segmento incluye los coeficientes autorregresivos; estos representan el efecto de la historia reciente de las importaciones totales sobre ellas mismas. Los efectos de largo plazo se encuentran en el tercer segmento, sus coeficientes son las elasticidades precio e ingreso de largo plazo de las importaciones. El cuarto segmento se compone por los coeficientes que representan los de corto plazo; se aprecia que sólo la actividad económica, y no el tipo de cambio, tiene efectos en las importaciones.

Con la información del cuadro 3, se sabe que las variables del modelo ARDL cointegran (estadísticos F_c y t_c); es decir, hay una relación de equilibrio de largo plazo entre las variables. Por supuesto, puede haber desequilibrios en el corto plazo, siendo el valor absoluto del coeficiente de ajuste el que fija la rapidez con que se restablece el equilibrio. En nuestro caso, en un mes se corrige 12 % del desequilibrio [Gujarati y Porter, 2010].

Cuadro 3. Modelo ARDL: prueba de los límites de cointegración, normalidad, especificación y bondad de ajuste

Estadístico	
F_c	6.54
t_c	-4.26
χ^2_N	19.35 (0.000)
F_{FF}	12.40 (0.005)
R^2	0.43
R^2 ajustada	0.42

Notas: para la prueba de los límites de cointegración, F_c y t_c son los estadísticos de prueba para H_0 : no cointegración.

continúa...

...continuación del cuadro 3

Los valores críticos se presentan a continuación:

Significancia	Estadístico F		Estadístico t	
	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
10 %	3.17	4.14	-2.57	-3.21
5 %	3.79	4.85	-2.86	-3.53
1 %	5.15	6.36	-3.43	-4.1

Notas: $\chi^2_{N^*}$ y F_{FF} indican los estadísticos de la prueba de normalidad (Jarque-Bera) y de forma funcional (Reset de Ramsey), respectivamente, los números en paréntesis son los valores p .

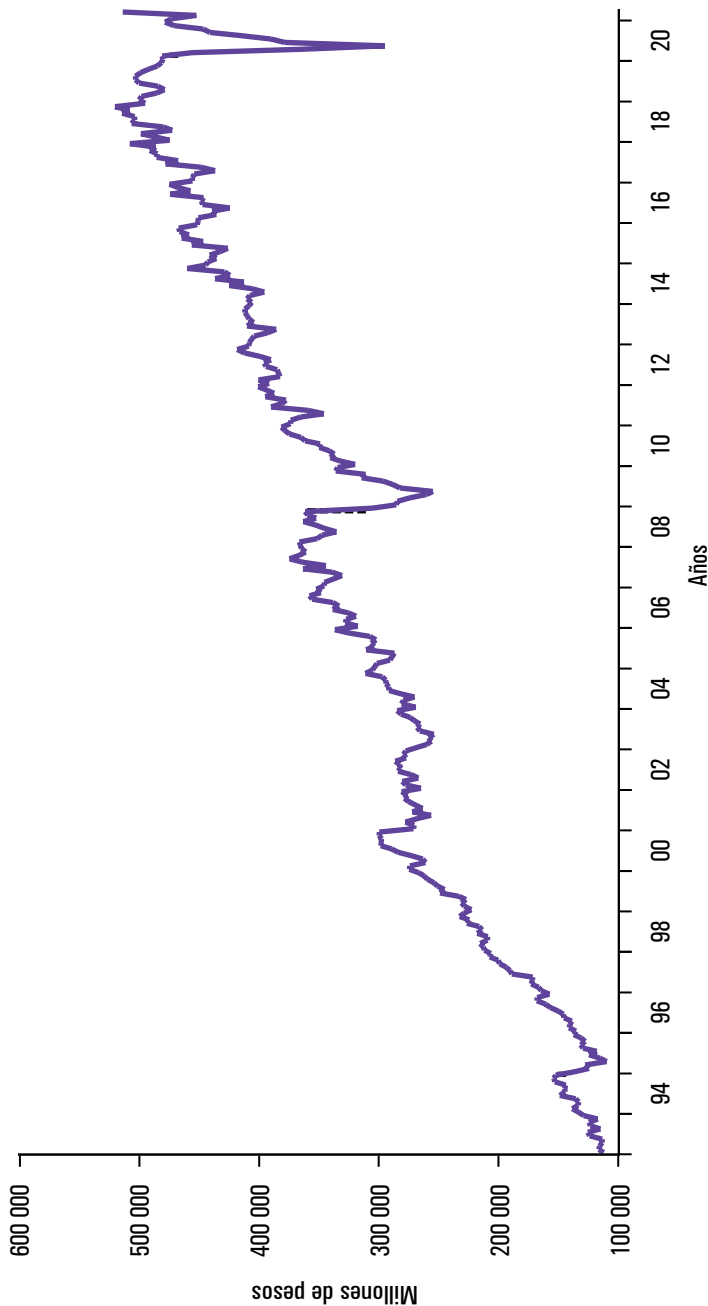
Fuente: elaboración propia con Eviews 10.

Aun con los resultados favorables del modelo ARDL, se presentan problemas, tales como no normalidad en los residuos, incorrecta especificación (prueba Reset de Ramsey) y mínima bondad de ajuste (véase cuadro 3). Esto obedece a la presencia de tres situaciones extraordinarias, también llamadas *outliers*, a largo del periodo de estudio y su efecto en la caída de las importaciones mexicanas: dos crisis económicas (1994 y 2008) y la pandemia covid-19 de 2020 (véase la gráfica 1).

Esto abre espacio a la estimación del ARDL mediante cuantiles, puesto que la regresión cuantílica es más robusta ante *outliers* y no normalidad, ya que es una técnica no paramétrica. Por consiguiente, ninguna suposición distributiva en los residuos es requerida para estimar óptimamente los parámetros [Brooks, 2019].

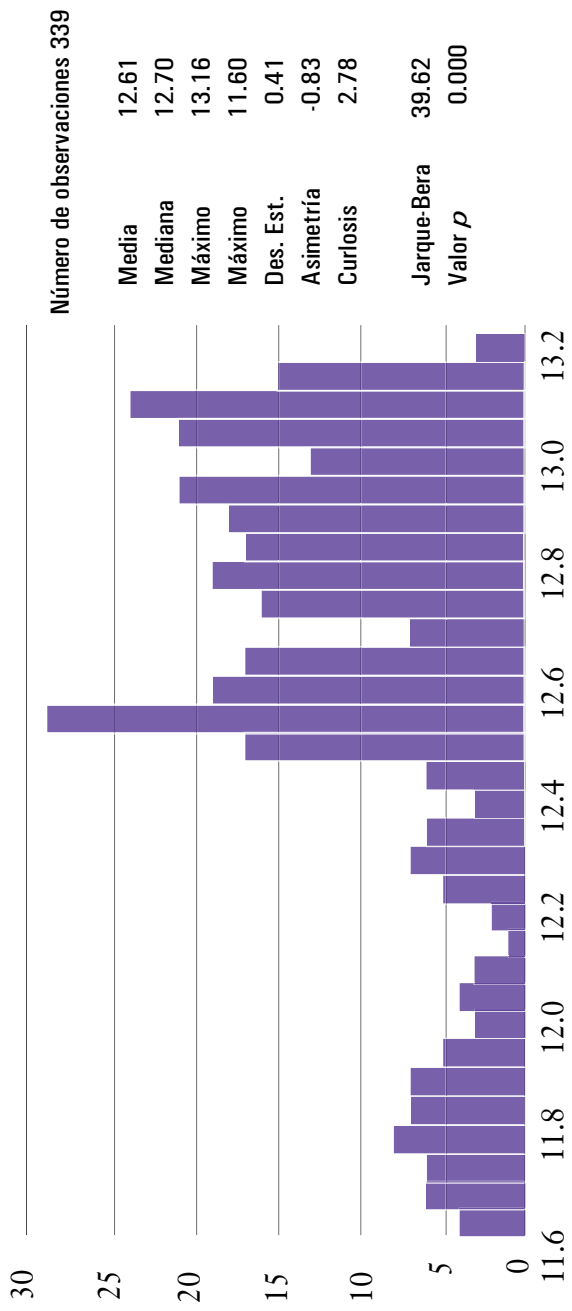
Otra razón que justifica el uso del modelo QARDL es el histograma de la variable dependiente. Por ejemplo, en la gráfica 2 se aprecia que dicha variable genera un histograma con una distribución platicúrtica y con asimetría negativa. Asimismo, un valor p menor a 0.05 de la prueba Jarque-Bera corrobora esta distribución no normal. Por ende, la media no resulta representativa, de ahí que el modelo ARDL brinde resultados sesgados, siendo la estimación por cuantiles (QARDL) la apropiada para modelar la distribución platicúrtica y asimétrica del logaritmo de las importaciones [Huang, 2015; Mishra *et al.*, 2019].

Gráfica 1. Importaciones mexicanas en millones de pesos a precios del 2013



Fuente: elaboración propia con Eviews 10.

Gráfica 2. Histograma del logaritmo de las importaciones totales



Fuente: elaboración propia con Eviews 10.

Antes de presentar la estimación del modelo QARDL, cabe mencionar que la selección del número de rezagos obedeció a los fijados previamente en el ARDL. Al igual que Cho *et al.* [2015], reconocemos que la selección debería estar en función de cada cuantil. Sin embargo, llevar esto a cabo generaría una metodología demasiado extensa, lo cual está fuera del alcance de este capítulo. Además, hacer que los rezagos dependan del cuantil no sólo aumenta la complejidad, también impediría comparar los resultados tanto entre cuantiles como con el ARDL.

En el cuadro 4, se presenta el modelo QARDL, el cual se ha dividido en los ya conocidos cuatro segmentos del ARDL, pero ahora para cuatro cuantiles. Se aprecia que la significancia estadística de los coeficientes se generaliza a partir del cuantil 0.5. En otras palabras, ahora sabemos que la notable significancia que reportaba el ARDL no se cumple en la primera mitad de las importaciones mexicanas.

El primer segmento, llamado ajuste, muestra los coeficientes para cada cuantil, se obtuvo el signo y magnitud solicitada por la teoría. Sin embargo, la significancia estadística de los coeficientes permite saber que la convergencia con el equilibrio de largo plazo sólo se logra desde la mediana de la distribución de las importaciones. Asimismo, la magnitud del coeficiente expresa que la rapidez de la convergencia aumenta en los cuantiles superiores.

Concentrándonos en el segmento dos, denominado autorregresivo, los resultados reportan que los cambios en los niveles actuales de las importaciones derivan por los niveles históricos de las importaciones, particularmente por la historia reciente y de manera estacional, pues el coeficiente del rezago dos —con excepción del cuantil superior— no es estadísticamente significativo.

El segmento tres contiene los coeficientes de largo plazo; es decir, las elasticidades ingreso y precio de las importaciones; se obtuvieron signos positivos y negativos, respectivamente. Estos se corresponden con los estudios previos [Cardero y

Galindo, 1999; Cermeño y Rivera Ponce, 2016; Loria Díaz, 2001]. Sin embargo, la magnitud de los coeficientes no es comparativa, pues los periodos de estudio y la frecuencia difieren, sin olvidar que ahora se está trabajando con cuantiles. Regresando a los signos, el signo positivo de la elasticidad ingreso sugiere que el aumento de la actividad económica incrementa las importaciones; su magnitud es mayor en los cuantiles superiores. Por su parte, el signo negativo de la elasticidad precio expresa que una depreciación del tipo de cambio reduce las importaciones, pero su magnitud es mínima. En resumen, México presenta una dependencia estructural en las importaciones, la cual, por la no significancia estadística de los coeficientes, no se tiene en los cuantiles inferiores. Por lo tanto, en niveles bajos de las importaciones, los cuales acontecieron a inicios del periodo de estudio (véase figura 1), el aumento de la actividad económica y del tipo de cambio no dio lugar al aumento de las importaciones.

Los coeficientes de corto plazo se muestran en el cuarto segmento. Los resultados sugieren que las actuales variaciones de las importaciones no están influenciadas por el tipo de cambio; entonces, sólo y positivamente por la actual y previa actividad económica, ello en todos los cuantiles. En este sentido, la actividad económica, y no el tipo de cambio, se convierte en un gran predictor de corto plazo del comportamiento de las importaciones de México.

Cuadro 4. Modelo *QARDL* de la demanda de importaciones, 1993-2021

Segmento	<i>QARDL</i>				
	Cuantil (τ)				
Uno. Ajuste	0.10	0.25	0.5	0.75	0.90
Im_{t-1}	-0.04 [0.04]	-0.08 [0.05]	-0.09 [0.03]**	-0.14 [0.06]**	-0.19 [0.05]**
Dos. Autorregresivo					
DIm_{t-1}	-0.19 [0.13]	-0.13 [0.08]*	-0.21 [0.06]**	-0.26 [0.07]**	-0.33 [0.07]**
DIm_{t-2}	-0.01 [0.10]	-0.03 [0.09]	-0.05 [0.06]	-0.13 [0.09]	-0.18 [0.07]**
DIm_{t-3}	0.18 [0.07]**	0.24 [0.05]**	0.20 [0.04]**	0.12 [0.07]*	0.04 [0.05]
Tres. Largo plazo					
Ir_{t-1}	-0.04 [0.04]	-0.04 [0.03]	-0.04 [0.02]*	-0.01 [0.03]	-0.05 [0.03]*
Ia_{t-1}	0.11 [0.11]	0.17 [0.12]	0.19 [0.07]**	0.27 [0.13]**	0.40 [0.11]**
Cuatro. Corto plazo					
Constante	0.14 [0.21]	0.38 [0.28]	0.54 [0.17]**	0.65 [0.34]**	0.95 [0.32]**
Dla_t	1.57 [0.68]**	1.41 [0.33]**	1.16 [0.09]**	1.30 [0.08]**	1.40 [0.07]**
Dla_{t-1}	0.91 [0.14]**	0.73 [0.38]**	0.77 [0.28]**	0.82 [0.53]	1.09 [0.43]**

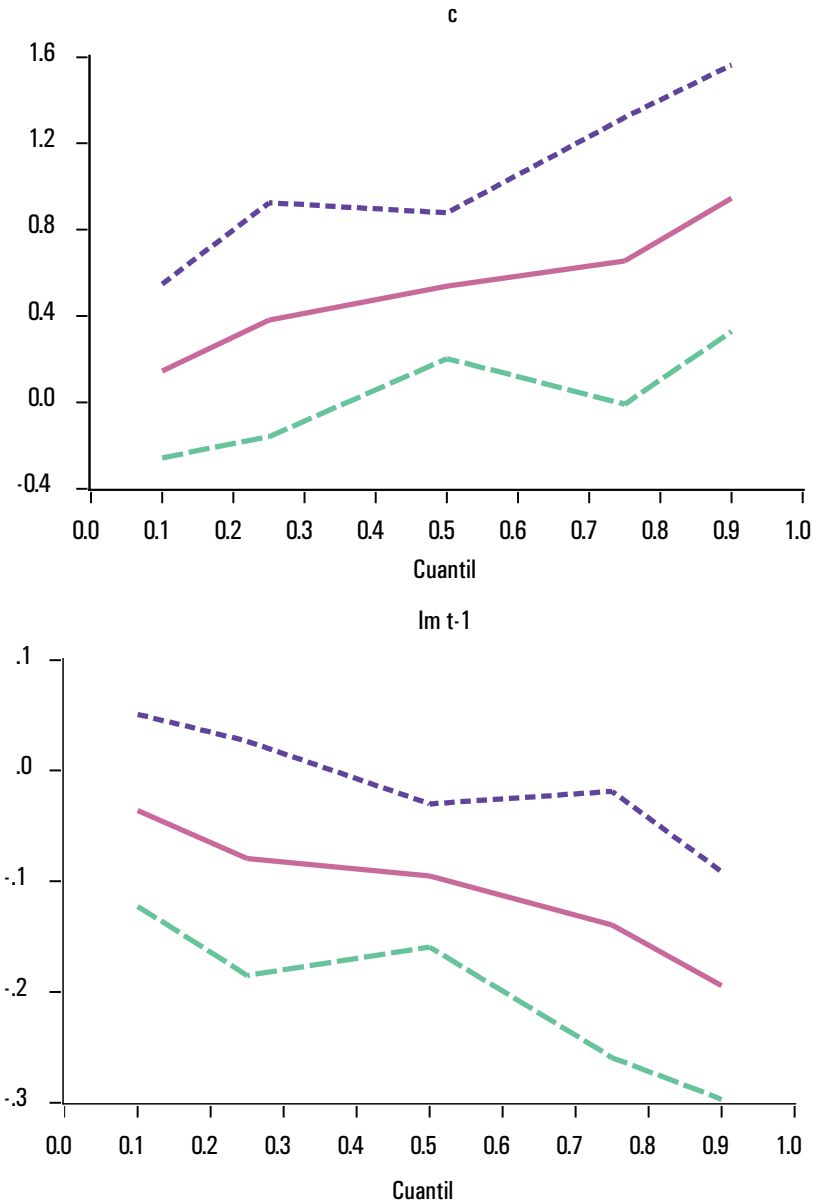
Nota: los números en corchetes son los errores estándar, consistentes con heteroscedasticidad y autocorrelación. Los superíndices * y ** indican significancia al 10 y 5 %, respectivamente.

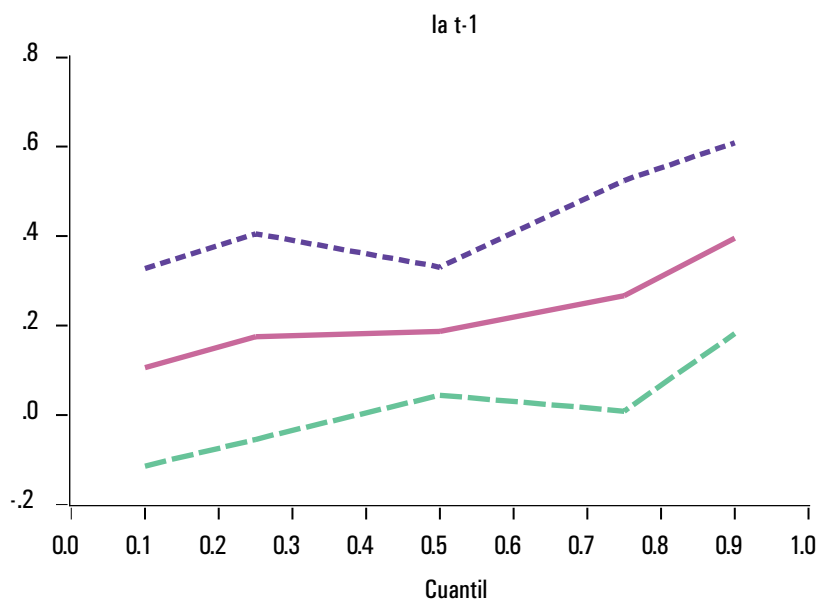
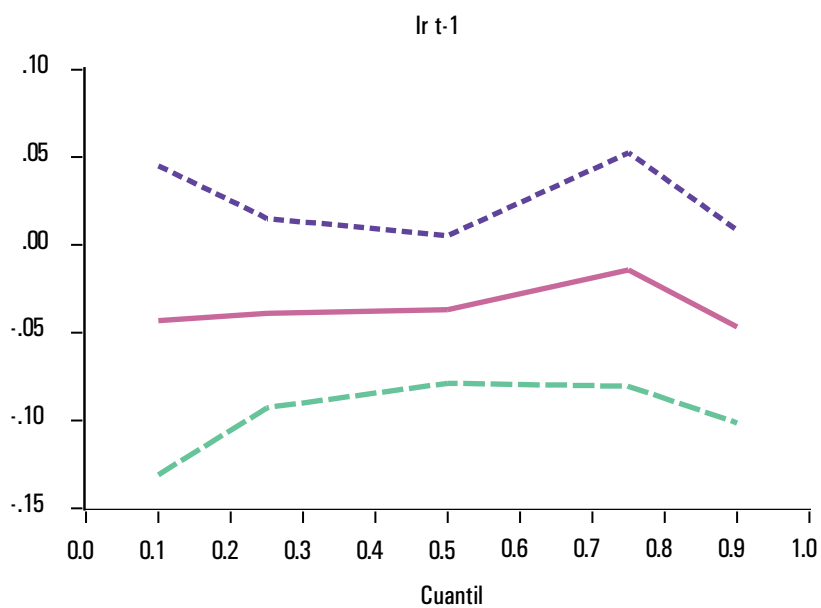
Fuente: elaboración propia con Eviews 10.

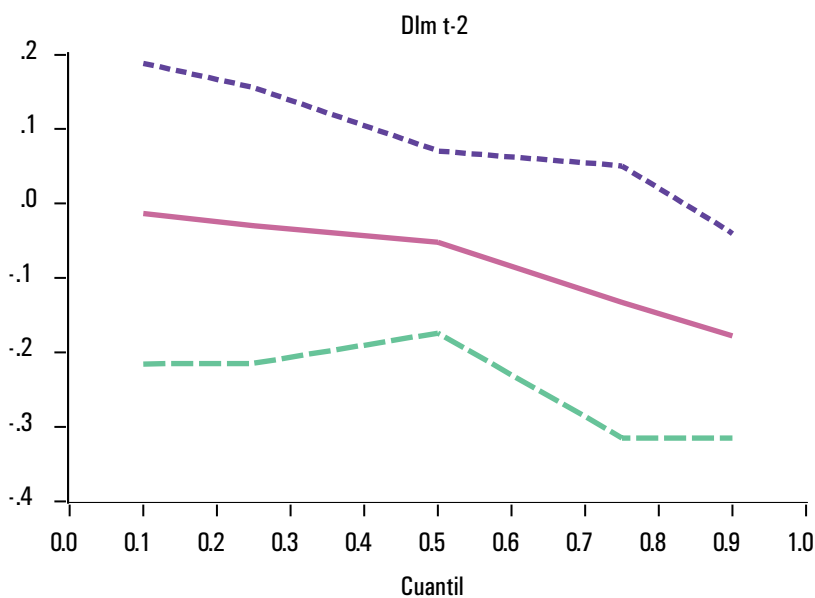
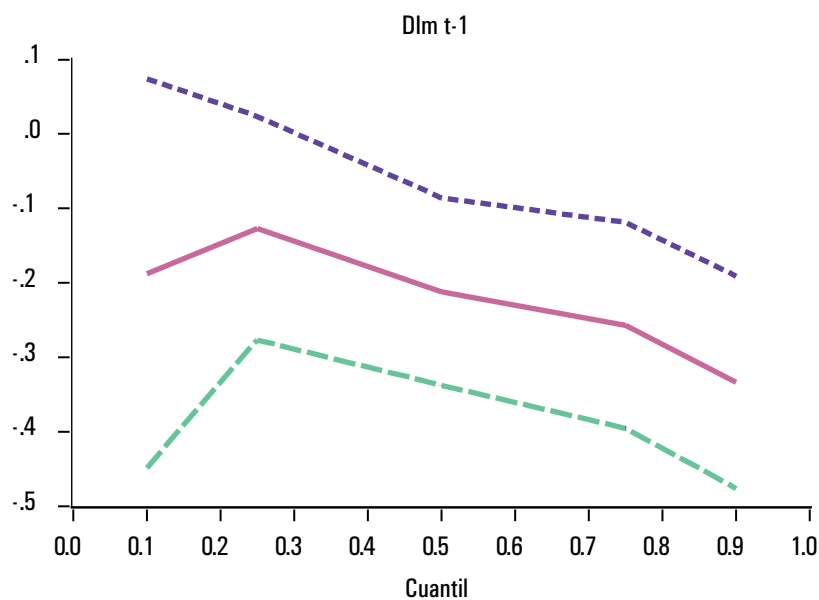
En la gráfica 3, se grafican los coeficientes del QARDL, con intervalos de confianza a 95 %, a lo largo de los cuantiles. De esta manera, líneas horizontales sugerirían que el respectivo coeficiente no ha cambiado entre cuantiles; es decir, el efecto de la variable independiente en la dependiente habría sido simétrico entre cuantiles. Sin embargo, no se aprecian líneas horizontales, lo cual insinúa la presencia de asimetría, llamada asimetría de ubicación, en virtud de que los coeficientes estimados dependen de la ubicación de las importaciones dentro de su distribución condicional [Cho *et al.*, 2015].

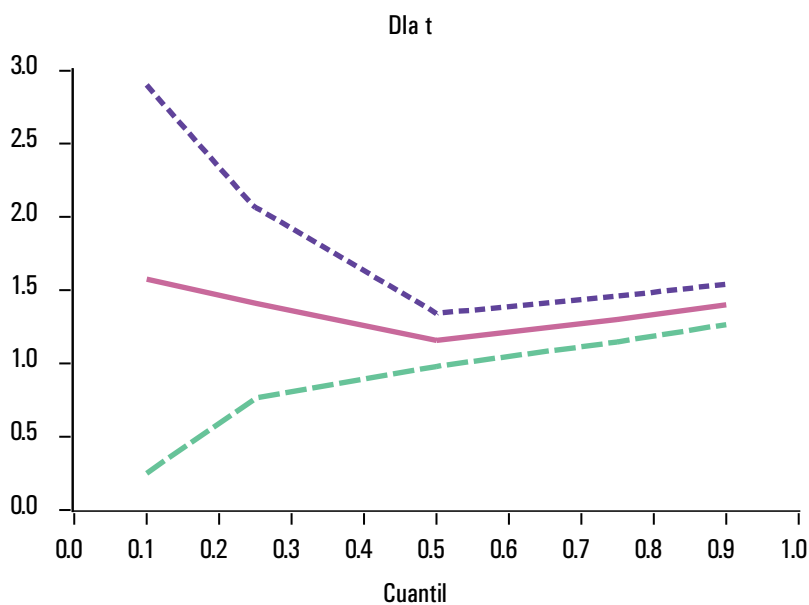
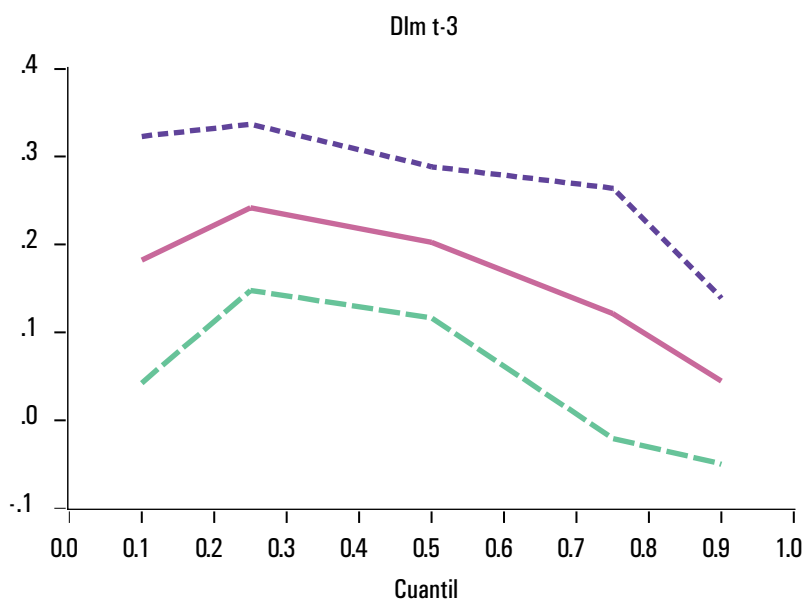
Finalmente, se proporciona una prueba formal para averiguar la presencia de (a)simetría, la prueba de Koenker y Bassett Jr. [1982]. La hipótesis nula se integra de la siguiente forma: H_0 : parámetros ($\tau=0.10$) = parámetros ($\tau=0.25$) = parámetros ($\tau=0.5$) = parámetros ($\tau=0.75$) = parámetros ($\tau=0.90$). Se obtuvo un estadístico χ^2 de 96.50, con un valor p de 0.000. En este sentido, formalmente se encuentra evidencia de que los parámetros difieren entre cuantiles. Es decir, existe asimetría de ubicación, lo cual garantiza la pertinencia de analizar las importaciones totales mediante el modelo QARDL.

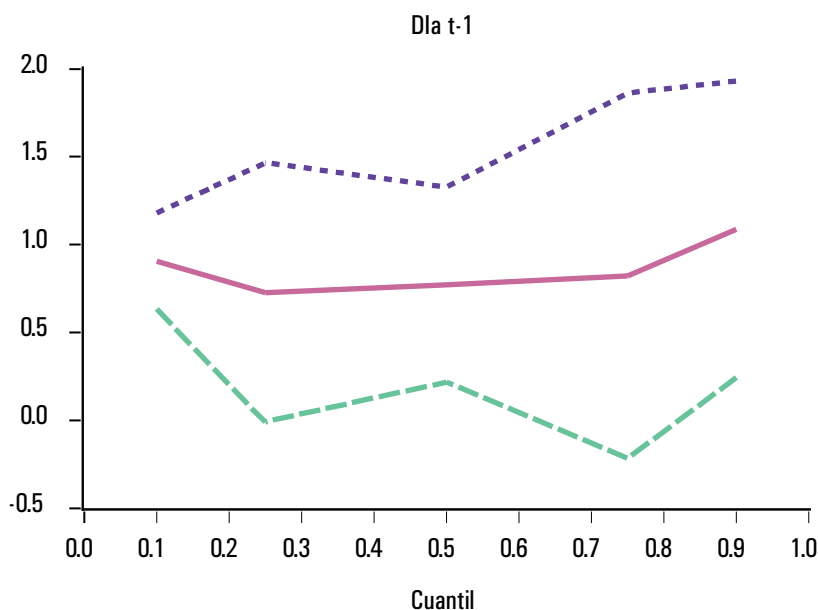
Gráfica 3. Representación de los parámetros estimados para diferentes cuantiles, con intervalos de confianza a 95 % (líneas punteadas)











Fuente: elaboración propia con Eviews 10.

CONCLUSIONES

El modelo ARDL ha sido eficaz para evaluar la presencia de cointegración, particularmente cuando el valor promedio es representativo del total de la información. Sin embargo, ello no ocurre cuando la información de estudio presenta ciertas características, tales como la presencia de observaciones atípicas, no normalidad en su distribución y/o en los residuos del modelo ARDL. Ante ello, se recomienda hacer uso del Modelo QARDL, el cual no sólo incorpora la estimación por cuantiles, sino también continúa evaluando la presencia de cointegración mediante un Modelo de Corrección de Errores para cada cuantil.

Por último, en la aplicación empírica del modelo QARDL a las importaciones de México se confirma la hipótesis de presencia de asimetría de ubicación. Es decir, la magnitud y significancia de los coeficientes de las variables (precio e ingreso) dependen de la ubicación de las importaciones dentro de su distribución. Asimismo, la significancia estadística de los coeficientes se generaliza a partir de la segunda mitad de las importaciones. En otras palabras, para montos bajos de importaciones no opera la relación con el precio y el ingreso que daba por hecho el modelo ARDL.

BIBLIOGRAFÍA

- Banxico [2021a], Índice de tipo de cambio real con precios consumidor y con respecto a 111 países-(CR60), México, <<https://bit.ly/3LnFKVY>>, consulta: 30 de mayo de 2021.
- ____ [2021b], Tipo de cambio promedio del periodo-(CF86), México, <<https://bit.ly/44oIBqn>>, consulta: 2 de junio de 2021.
- Brooks, C. [2019], *Introductory econometrics for finance*, Reino Unido, Cambridge University Press, doi: 10.1017/9781108524872.
- Cardero, M. E. y L. M. Galindo [1999], “La demanda de importaciones en México: un enfoque de elasticidades”, *Comercio Exterior*, 49(5): 481-487.
- Cermeño, R. S. y H. Rivera Ponce [2016], “La demanda de importaciones y exportaciones de México en la era del TLCAN. Un enfoque de cointegración”, *El Trimestre Económico*, 83(1): 127-147, <<https://cutt.ly/hwirOJXW>>.
- Cho, J. S., T. H. Kim y Y. Shin [2015], “Quantile cointegration in the autoregressive distributed-lag modeling framework”, *Journal of Econometrics*, 188(1): 281-300, <<https://cutt.ly/swirSWYg>>.

- Dickey, D. A. y W. A. Fuller [1981], “Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root”, *Econometrica*, 49(4): 1057-1072, <<https://cutt.ly/IwirSLJY>>.
- Engle, R. F. y C. W. J. Granger [1987], “Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing”, *Econometrica*, 55(2): 251, <<https://cutt.ly/KwirDekb>>.
- Federal Reserve Bank of St. Louis [2021], Producer price index by commodity: all commodities, disponible en <<https://bit.ly/3LaCWv4>>, consulta: 2 de junio de 2021.
- Goldstein, M. y M. S. Khan [1985], “Income and price effects in foreign trade”, en R. W. Jones y P. B. Kenen, *Handbook of international economics*, vol. 2, North-Holland. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1573-4404\(85\)02011-1](https://doi.org/10.1016/S1573-4404(85)02011-1).
- Granger, C. W. J. [1981], “Some properties of time series data and their use in econometric model specification”, *Journal of Econometrics*, 16(1): 121-130, <<https://cutt.ly/UwirDATH>>.
- Gujarati, D. N. y D. C. Porter [2010], *Econometría*, 5a. ed., México, Mc Graw Hill.
- Hassler, U. y Wolters, J. [2006], “Autoregressive distributed lag models and cointegration”, *Allgemeines Statistisches Archiv*, 90(1): 59-74, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10182-006-0221-5>.
- Houthakker, H. S. y S. P. Magee [1969], “Income and Price Elasticities in World Trade”, *The Review of Economics and Statistics*, 51(2): 111-125, <<https://cutt.ly/pwirD7x1>>.
- Huang, W. H. [2015], “The determinants of household electricity consumption in Taiwan: Evidence from quantile regression”, *Energy*, 87(7): 120-133, <<https://cutt.ly/1wirFpsL>>.
- Inegi [2021a], Banco de Información Económica, México, <<https://bit.ly/3NliFpe>>, consulta: 2 de junio de 2021.
- [2021b], Indicador global de la actividad económica, México, <<https://bit.ly/3Vh5SGr>>, consulta: 30 de mayo de 2021.

- Johansen, S. [1995], "Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models", *Econometric Theory*, United Kingdom, Oxford University Press, <<https://cutt.ly/twirFGdN>>.
- Koenker, R. y G. Basset Jr. [1982], "Robust Tests for Heteroscedasticity Based on Regression Quantiles", *Econometrica*, 50(1): 43-61, <<https://cutt.ly/ywirF2Pv>>.
- _____[1978], "Regression quantiles", *Econometrica*, 46(1): 33-50, <<https://cutt.ly/ywirF2Pv>>.
- Leamer, E. E. y R. M. Stern [1970], *Quantitative international economics*, Boston, Allen & Bacon.
- Loria Díaz, E. [2001], "La restricción externa y dinámica al crecimiento de México, a través de las propensiones del comercio, 1970-1999", *Estudios Económicos*, 16(2): 227-251.
- Mishra, S., A. Sharif, S. Khuntia, M.S. Meo y S. A. R. Khan [2019], "Does oil prices impede Islamic stock indices? Fresh insights from wavelet-based quantile-on-quantile approach", *Resources Policy*, 62(8): 292-304, <<https://cutt.ly/ZwirHmE0>>.
- Moreno-Brid, J. C. [2002], "Liberalización comercial y la demanda de importaciones en México", *Investigación Económica*, 62(240):13-50.
- Pacheco-López, P. [2005], "The effect of trade liberalization on exports, imports, the balance of trade, and growth: The case of Mexico", *Journal of Post Keynesian Economics*, 27(4): 595-617.
- Pesaran, M. H. y Y. Shin [1999], "An autoregressive distributed-lag modelling approach to cointegration analysis", en Strøm, S., *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*, Reino Unido, Cambridge University Press, <<https://cutt.ly/8wirHJZC>>.
- Pesaran, M. H., Y. Shin y R. J. Smith [2001], "Bounds testing approaches to the analysis of level relationships", *Journal of Applied Econometrics*, 16(3): 289-326, <<https://cutt.ly/nwirH5Jd>>.

- Phillips, P. C. B. y P. Perron [1988], "Testing for a unit root in time series regression", *Biometrika*, 75(2): 335-346, <<https://cutt.ly/qwirJkSs>>.
- Romero, J. [2012], "Inversión extranjera directa y crecimiento económico en Latinoamérica: 1940-2011", *Investigación Económica*, 71(282): 109-147, <<https://cutt.ly/EwirJHjG>>.
- [2010], *Evolución de la demanda de importaciones de México: 1940-2009*, México, Centro de Estudios Económicos-El Colegio de México (Documentos de Trabajo, núm. III).
- Sargan, J. D. [1964], "Wages and prices in the United Kingdom: A study in econometric methodology", en P. Hart, G. Mills y J. K. Whitaker, *Econometric Analysis for National Economic Planning*, Reino Unido, Butterworth & Co Publishers Ltd.
- Thirlwall, A. P. [2003], *La naturaleza del crecimiento económico: Un marco alternativo para comprender el desempeño de las naciones*, México, FCE.
- Valencia, R. [2008], "El modelo de crecimiento con restricción de balanza de pagos con incorporación de las remesas. El caso de México", *Comercio Exterior*, 58(1): 17-26.
- Yule, G. U. [1926], "Why do we sometimes get nonsense-correlations between time-series ? A study in sampling and the nature of time-series", *Journal of the Royal Statistical Society*, 89(1): 1-63, <<https://cutt.ly/awirKikT>>.