

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ECONOMÍA Y RELACIONES INTERNACIONALES
DOCTORADO EN CIENCIAS ECONÓMICAS



**“EVALUACIÓN DE REGLAS DE POLÍTICA MONETARIA PARA MÉXICO EN
EL PERÍODO 2001-2020”**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS ECONÓMICAS

PRESENTA:

JESÚS EDUARDO LÓPEZ MARES

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JUAN MANUEL OCEGUEDA HERNÁNDEZ

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA

OCTUBRE DE 2023

A mis padres, por su apoyo incondicional

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la oportunidad que me brindaron de realizar mis estudios de posgrado y continuar mi desarrollo profesional. A todo el personal docente y administrativo de la Facultad de Economía y Relaciones Internacionales (FEyRI), quienes desempeñan un papel fundamental en la formación personal y académica de los estudiantes.

Quiero expresar mi agradecimiento al Dr. Ocegueda, mi director de tesis, por su apoyo, paciencia y por la libertad que me brindó durante mi etapa tanto de la maestría como del doctorado para desarrollar mis ideas. Asimismo, agradecer a mis lectores, el Dr. Castillo y el Dr. Varela por sus valiosos comentarios que ayudaron a enriquecer y dar rumbo a este trabajo de investigación. Además, agradezco a mis lectores externos, el Dr. Marco por sus comentarios y las atenciones brindadas en todo momento y, al Dr. David, por impulsarme en el camino de la investigación.

A mis compañeros de doctorado por las valiosas experiencias que compartimos juntos. En especial a Alejandra, Natali y Darío con quienes, por diversas circunstancias, tuve la oportunidad de convivir más tiempo. Su amistad es una de las cosas más valiosas que me llevo de esta etapa de mi vida.

Agradezco a mi familia, en especial a mis padres, Alicia y Jesús, por ser el pilar y sustento de todo lo que he logrado hasta el momento y, de lo que estoy seguro, seguiré logrando en el futuro. Siempre les estaré agradecido, todo esto es por ustedes. Por último, doy las gracias a Ana Karen por ser mi compañera durante esta aventura y la persona con quien compartí momentos inolvidables, gracias por tu apoyo y paciencia, este logro también es tuyo.

ÍNDICE

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	8
1.1 Pregunta de Investigación	12
1.1.1. Preguntas Específicas	12
1.2. Objetivo General	12
1.2.1. Objetivos Específicos	12
1.3. Hipótesis	12
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Política monetaria y neutralidad del dinero	13
2.2. Reglas <i>versus</i> discreción y el problema de la inconsistencia dinámica	19
2.3. Reglas de política monetaria y el principio de Taylor	25
3. ANTECEDENTES	33
3.1. Evidencia empírica sobre política monetaria a nivel internacional	38
3.1.1. Canales de transmisión a nivel internacional	38
3.1.2. Reglas de política monetaria, evidencia a nivel internacional	41
3.2. Evidencia empíricos sobre política monetaria en México	51
4. EL MODELO	57
4.1. Hogares	57
4.2. Empresas	63
4.2.1. Empresas del sector final	63
4.2.2. Empresas intermedias	64
4.2.3. Empresas importadoras	68
4.2.4. Empresas exportadoras	70
4.3. Banco central	72
4.4. Condiciones de equilibrio	73

4.5. Sector externo	74
5. METODOLOGÍA	75
5.1. Análisis de bienestar	76
5.1.2. Equivalencia del consumo y pérdida del bienestar	78
5.2. Datos, calibración y previos.....	80
6. RESULTADOS.....	88
6.1. Análisis de bienestar y reglas óptimas	92
6.1.1. El papel de los coeficientes $\phi\Pi$, ϕY y ϕdS en la pérdida del bienestar y el timing correcto de las variables.....	93
6.1.2. Tasa de crecimiento del PIB como alternativa a la brecha del producto.....	99
6.1.3. Medidas alternativas de la inflación	101
CONCLUSIONES.....	106
BIBLIOGRAFÍA.....	111
ANEXOS.....	127

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variables empleadas en la estimación	82
Cuadro 2. Calibración de parámetros	85
Cuadro 3. Distribución previa de los parámetros a estimar.....	87
Cuadro 4. Resultados de la estimación de parámetros	90
Cuadro 5. Momentos teóricos y empíricos de las variables	92
Cuadro 6. Reglas de política y pérdida del bienestar	95
Cuadro 7. Reglas de política con tasas de crecimiento del PIB	101
Cuadro 8. Reglas de política con inflación de bienes de consumo.....	102
Cuadro 9. Reglas de política con inflación de bienes domésticos.....	103
Cuadro 10. Reglas de política basadas en pronósticos de la inflación	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 . Evolución de las variables observables del modelo	84
Figura 2. Distribución posterior (línea negra) y previa (línea gris) de los parámetros estimados	91
Figura 3. El papel de los parámetros en la pérdida del bienestar	97

Resumen:

En este trabajo se evaluó el efecto sobre el bienestar de diferentes reglas simples e implementables de política monetaria en México. Primero se estimó un modelo DSGE utilizando datos del periodo 2001-2020 mediante técnicas Bayesianas. Posteriormente, se realizó una aproximación de segundo orden del modelo, siguiendo el enfoque de Schmitt-Grohé y Uribe (2007). Las reglas se evaluaron en dos aspectos: se probaron diferentes indicadores de la producción, la inflación y el tipo de cambio nominal; y se estudió el valor de los parámetros, derivando reglas optimizadas. Los resultados mostraron que las reglas que priorizan la inflación de bienes domésticos sobre la inflación de bienes de consumo generan mayores niveles de bienestar. Con respecto al timing de las variables se encontró que las reglas basadas en pronósticos de la inflación tuvieron mejor desempeño. En cuanto al valor de los parámetros, se observó que es deseable una fuerte reacción a la inflación, mientras que reaccionar al tipo de cambio nominal es perjudicial para el bienestar. Asimismo, se identificó que es deseable una respuesta positiva a la producción, aunque una regla con un fuerte énfasis en el ciclo económico, como la de mandato dual, generaría pérdidas importantes en el bienestar.

Palabras clave: Reglas de política monetaria; Análisis de bienestar; Pequeña economía abierta.

Abstract:

In this study, I evaluate the impact of different simple and implementable monetary policy rules on welfare in Mexico. I first estimate a DSGE model using Bayesian techniques with data from the period 2001-2020. Next, I employ a second-order approximation of the model based on the approach of Schmitt-Grohé and Uribe (2007). The rules are evaluated in two aspects: testing various indicators of production, inflation, and nominal exchange rate, and studying the value of parameters to derive optimized rules. The results indicate that rules prioritizing domestic goods inflation over consumption inflation lead to higher levels of welfare. Additionally, rules based on inflation forecasts exhibit better performance in terms of timing. Regarding the value of parameters, it is observed that a strong reaction to inflation is desirable, while reacting to the nominal exchange rate is detrimental to welfare. Furthermore, I identify that a positive response to production is desirable, though a rule with a strong emphasis on the economic cycle, such as dual mandate rule, would result in significant welfare losses.

Key words: Monetary policy rules; Welfare analysis; Small open economy.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Durante las décadas de los ochenta y noventa, México atravesó periodos de inestabilidad macroeconómica importantes, marcados por una inflación elevada que llegó a superar los tres dígitos. En este periodo de inestabilidad, tuvieron lugar las crisis de deuda de 1982 y la crisis cambiaria de 1994 (Esquivel, 2010). Los acontecimientos descritos propiciaron cambios estructurales en la forma en que se conducía la política monetaria en el país. Por ejemplo, el banco central recibió su autonomía en 1994, año en el cual también se abandonó el régimen de bandas cambiarias y para 2001 se estableció oficialmente un esquema de objetivos de inflación con una meta de inflación anual del 3% y un margen de $\pm 1\%$. Existe un consenso de que estos cambios fueron importantes y exitosos para reducir la inflación, ya que permitieron al banco central ganar credibilidad y anclar las expectativas de inflación (Gaytán y González-García, 2007; Sidaoui y Ramos-Francia, 2008; Calderón y Hernández, 2017). Los datos muestran que desde 2001, la inflación del país se ha mantenido por debajo de los dos dígitos y se ha reducido considerablemente su volatilidad, volviéndose una variable estacionaria (Acosta, 2018).

A pesar del éxito de estas medidas para estabilizar la inflación, la postura del Banco de México (Banxico) ha sido criticada por una serie de economistas quienes argumentan que el control excesivo de la inflación ha tenido efectos nocivos sobre la economía mexicana y ha restringido el crecimiento económico. Entre ellos Ros (2013), Loría (2016) y Calderón y Hernández (2017) señalan que la obsesión por la inflación ha generado un tipo de cambio sobrevaluado que afectó al sector exportador restándole competitividad, cuando se esperaba que este fuera el motor de crecimiento tal como se planteaba previo a la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Por su parte, Esquivel (2010), menciona que se pasó de la inestabilidad macroeconómica al estancamiento estabilizador y parte de sus conclusiones van encaminadas a que México debería flexibilizar la política monetaria. Esto planteó un debate en la academia sobre los objetivos que debe perseguir Banxico: por un lado, hay quienes están a favor de priorizar el control de la inflación; por el otro, diversos autores presentan argumentos que abogan por la promoción de objetivos adicionales y la flexibilización de la política monetaria del país.

La pregunta de cómo debe actuar un banco central y qué objetivos debe perseguir para maximizar el bienestar de la sociedad constituyen uno de los principales temas en el ámbito de la política monetaria, tanto a nivel nacional como internacional. Al respecto, Blanchard (2007) y Mishkin (2007) destacan que el progreso en el conocimiento de la política monetaria en las últimas décadas ha contribuido a que este campo esté más cerca de ser una ciencia que un arte, dado que ahora se tienen una serie de principios que dictan como debe actuar un banco central. Uno de estos principios es el uso de reglas simples (es decir, reglas que toman un pequeño número de variables para tomar decisiones de política monetaria) en lugar de políticas discrecionales, para evitar el problema de la inconsistencia dinámica que da origen a sesgos inflacionarios (Kydland y Prescott, 1977; Barro y Gordon, 1983).

En la actualidad, una de las reglas simples que predomina tanto en la academia como en el accionar de los bancos centrales, es la desarrollada por Taylor (1993). El autor propuso una regla que describía el comportamiento de la Reserva Federal (FED por sus siglas en inglés) de Estados Unidos tomando como instrumento de política la tasa de interés nominal. No obstante, su uso se extendió rápidamente por su sencillez para caracterizar el comportamiento de los banqueros centrales alrededor del mundo y se ha instaurado en la literatura como la base para analizar de manera positiva y normativa la política monetaria. La regla de Taylor original incluía solo la inflación y la brecha de la producción, sin embargo, con el paso de los años se han realizado modificaciones que mantienen la misma esencia (es decir, tomar la tasa de interés nominal como instrumento de política en función de un número reducido de variables).

En este sentido, cuando se trabaja con reglas tipo Taylor hay dos aspectos en las cuales deben fijarse los bancos centrales para maximizar el bienestar de la sociedad. Por un lado, deben determinar qué variables se van a tomar como referencia para describir la situación macroeconómica y por el otro lado, qué ponderación se dará a los movimientos de cada una de las variables seleccionadas. Aunque han emergido algunos consensos (como el principio de Taylor), la regla de política monetaria óptima sigue siendo un tema de debate abierto, y las características de la economía analizada, así como el valor de los parámetros

estructurales, o la distribución de los choques exógenos podría repercutir en el diseño de la regla óptima (Taylor y Williams, 2010).

Como señalan Cochrane et al. (2020), para contribuir a estos debates que requieren ejercicios contrafactuales o simulados, es necesario emplear modelos. Lucas (1976) enfatizó que para poder evaluar políticas alternativas se requería de modelos con parámetros estructurales (es decir, que sean invariantes ante cambios de política). De lo contrario, los resultados obtenidos a partir de modelos con parámetros en forma reducida llevarían a conclusiones equivocadas. Bajo esta perspectiva, los modelos Dinámico Estocásticos de Equilibrio General (DSGE por sus siglas en inglés) han emergido con fuerza desde la década de los noventa como herramientas que funcionan como laboratorios para los economistas, en donde pueden probar el funcionamiento de diferentes política macroeconómica, ya que, al ser modelos basados en microfundamentos, evaden la crítica de Lucas (Taylor y Williams, 2010).

El creciente interés por las reglas simples en conjunto con el desarrollo de los modelos DSGE contribuyeron a un auge de trabajos que tenían como objetivo derivar reglas o políticas óptimas y con ello, contrastar el comportamiento observado de los bancos centrales con posibles regímenes alternativos (Juillard et al., 2006; Schmitt-Grohé y Uribe, 2007; Quint y Rabanal, 2014; Faia y Monacelli, 2008; Nikolsko-Rzhevskyy et al., 2021; De la Peña, 2021). Esta literatura ha sido fundamental para entender el papel que juegan los bancos centrales y la elección de sus objetivos para estabilizar la economía. En contraste, en México, este no ha sido el caso y a pesar de que estos ejercicios podrían aportar nueva evidencia al debate planteado anteriormente, los estudios sobre política monetaria en el país se han enfocado en identificar los canales de transmisión (Gaytán y González-García, 2007; Sidaoui y Ramos-Francia, 2008; Carrillo y Elizondo, 2015) y en estimar la función observada de reacción del banco central (Cermeño et al., 2012; Best, 2013; Zamarripa, 2021).

Si bien, estos trabajos son fundamentales y han permitido describir las características de la política monetaria y sus canales de transmisión, existe una brecha importante en la literatura del país sobre ejercicios contrafactuales que contrasten diferentes

reglas y con ello, diferentes objetivos de Banxico. Una excepción es el trabajo de De la Peña (2021) quien se enfoca en analizar políticas macroprudenciales, dejando de lado algunas cuestiones importantes en la confección de la política monetaria de una pequeña economía abierta, como el papel que podría tener en el bienestar incluir el tipo de cambio en las reglas de política. Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación es evaluar el efecto que tienen diferentes reglas de política monetaria sobre el bienestar de la sociedad en México mediante un modelo DSGE con rigideces de precios y traspaso incompleto del tipo de cambio, estimando los parámetros con técnicas bayesianas, para el periodo 2001-2020.

Para poder hacer un análisis completo de bienestar, se empleó el enfoque de Schmitt-Grhoé y Uribe (2007) en donde, luego de estimar los parámetros, se realizó una aproximación de segundo orden de las ecuaciones del modelo y de la función de bienestar condicional (definido como el valor esperado intertemporal de la función de utilidad del agente representativo), lo cual permite incorporar supuestos más realistas y no caer en el enfoque Lineal-Cuadrático que requiere un estado estacionario eficiente. Las reglas se evaluaron en dos aspectos: por un lado, se modificaron los indicadores de la inflación, la producción y el tipo de cambio; por el otro, para cada regla se exploró cambiar el valor de los parámetros. Sobre este último punto, en concreto, se probaron reglas con valores estándar en la literatura y, también, se buscó la combinación de parámetros que maximizarán el bienestar, dando lugar a reglas optimizadas.

Este estudio resulta pertinente considerando la experiencia mexicana de las últimas décadas en donde se contraste una inflación controlada con un pobre desempeño económico sumado a la falta de estudios que comparen el comportamiento de Banxico con políticas alternativas. Por último, el trabajo contribuye añadiendo evidencia a la literatura existente a nivel internacional sobre reglas óptimas de política monetaria en economías abiertas. Si bien, hay diversos trabajos en este campo, estos suelen recaer en el enfoque lineal cuadrático (Galí y Monacelli, 2005; Adolfson, 2007) u omiten el papel que puede jugar incluir el tipo de cambio en la regla de política (Quint y Rabanal, 2014; De la Peña, 2021). Por ende, realizar un análisis de bienestar con una aproximación de segundo orden, sumado

al supuesto de traspaso incompleto del tipo de cambio representa una contribución relevante en la literatura de política monetaria óptima para pequeñas economías abiertas.

1.1 Pregunta de Investigación

¿Qué efectos tendrían diferentes reglas de política sobre el bienestar de la sociedad en México considerando el periodo 2001-2020?

1.1.1. Preguntas Específicas

- ¿Qué regla de política monetaria genera un mayor nivel de bienestar en el agente representativo?
- ¿Cómo se describe el comportamiento del banco central en México durante el periodo de análisis?

1.2. Objetivo General

Evaluar los efectos que tendrían diferentes reglas de política sobre el bienestar de la sociedad en México considerando el periodo 2001-2020.

1.2.1. Objetivos Específicos

- Comparar el efecto que tienen diferentes reglas de política monetaria sobre el bienestar social.
- Estimar la regla de política monetaria que describe el comportamiento del Banco de México durante el periodo de estudio.

1.3. Hipótesis

Las reglas tipo Taylor que ponen mayor énfasis en la inflación que en la producción y que incorporan el tipo de cambio, generan un mayor nivel de bienestar en México. Además, las reglas basadas en pronósticos de la inflación tienen un mejor desempeño que las reglas contemporáneas.

2. MARCO TEÓRICO

En esta sección se describen los aspectos teóricos más importante de la política monetaria que han moldeado el accionar de los bancos centrales en la actualidad. En el primer apartado se hace una revisión sobre la postura de las principales escuelas del pensamiento económico acerca del concepto de neutralidad del dinero y se discuten las implicaciones para la política monetaria. Una vez analizado el concepto de neutralidad del dinero, en la segunda sección se plantea el modelo de inconsistencia dinámica descrito por Kydland y Prescott (1977) y Barro y Gordon (1983), modelo que dio origen al uso de reglas como mecanismo de los bancos centrales para ganar credibilidad. Dada la importancia de las reglas de política para evitar el problema de inconsistencia dinámica, en la última sección del marco teórico se describen las reglas más utilizadas en la literatura teórica y empírica.

2.1. Política monetaria y neutralidad del dinero

El debate en torno a cómo debería ser la política monetaria y los objetivos que debería perseguir ha evolucionado en torno al concepto de neutralidad del dinero, esto es, en la relación que se asume entre variables reales y nominales. Previo a la crisis económica de 1929, el paradigma macroeconómico dominante tomó por hecho el cumplimiento de la neutralidad del dinero. La teoría neoclásica planteaba que los precios y salarios eran perfectamente flexibles lo que provocaba que cualquier movimiento en las variables nominales no tuviera efecto sobre las variables reales. Si la neutralidad del dinero se mantiene, entonces la política monetaria no es útil para estabilizar la economía.

Esta visión surge de la ecuación cuantitativa del dinero que se define como $MV = PY$, en donde M es la cantidad de dinero en la economía, V es su velocidad de circulación, P es el nivel de precios y Y representa el nivel de producción. Para la teoría neoclásica la economía siempre se encuentre en el nivel de pleno empleo, por lo que Y se considera una variable dada al igual que V porque se asume que la velocidad de circulación del dinero es constante, esto deja una relación únicamente entre M y P que son dos variables nominales (Carstens y Reynoso, 1997).

Como señalan Vines y Wills (2018), la crisis financiera de 1929 y el posterior trabajo de Keynes propiciaron las condiciones idóneas para un cambio de paradigma importante en la macroeconomía y en la forma en que se conducía la política económica. A diferencia de la teoría neoclásica, para Keynes (1936) los precios y salarios no se ajustaban instantáneamente, por lo tanto, la economía podría experimentar desempleo. Abandonar el supuesto de pleno empleo y de precios perfectamente flexibles tenía implicaciones importantes para la política económica. Keynes (1936) abogaba por un papel activo del gobierno para que la economía saliera de la crisis económica, además, las premisas de Keynes planteaban una no neutralidad del dinero, por lo que la política monetaria podría tener efecto sobre las variables reales, sin embargo, el autor señalaba que la política fiscal era más efectiva porque la política monetaria tenía limitaciones por la preferencia por la liquidez de los agentes económicos.

La etapa posterior a la gran depresión y al cambio de paradigma dominante en la macroeconomía, relegó a la política monetaria a un rol secundario, no obstante, los trabajos que se desprendieron de la teoría keynesiana, como la reinterpretación de esta teoría a través del modelo IS-LM desarrollado por Hicks (1937) y la curva de Phillips (1958), plantaron las bases para la discusión del rol de la política monetaria en años posteriores. Phillips (1958), encontró una relación positiva entre la tasa de crecimiento de los salarios y la inflación, lo que posteriormente en la literatura se tradujo como una relación negativa entre desempleo e inflación. La curva de Phillips tuvo una gran influencia en la política económica, ya que se tomó como una regla que permitía explotar el *trade off* entre la inflación y la producción. Sin embargo, a partir de los años setenta, la relación estable que postulaba la curva de Phillips se puso en cuestionamiento debido a que muchas economías experimentaron inflación elevada acompañada con altos niveles de desempleo, a lo que se le conoció como *estanflación* (Desai, 2017).

La estanflación de la década de los setenta y el posterior cuestionamiento a la relación empírica de la curva de Phillips hicieron que la política monetaria retomara importancia luego de algunos años en que fue desplazada por la política fiscal. Como menciona Desai (2017), la economía Keynesiana no tenía cura para la inflación. En este contexto surgió la corriente monetarista con los trabajos de Friedman (1956; 1968) y

Friedman y Schwartz (1963), siendo los más representativos de esta escuela económica. Con los monetaristas se retomó el debate sobre la neutralidad del dinero y la curva de Phillips, conceptos relacionados dado que esta curva implica una relación entre una variable nominal (los precios) y una variable real (la producción o el nivel de empleo). Friedman cuestionó tanto los pilares de la teoría keynesiana como la premisa de la curva de Phillips, para él, en el corto plazo la política monetaria podía tener efectos sobre la economía, sin embargo, en el largo plazo la curva de Phillips era vertical, esto es, para el autor la neutralidad del dinero se mantenía solo en el largo plazo (Motyovszki, 2013).

La novedad en el análisis monetarista fue la inclusión de las expectativas adaptativas al análisis económico, las cuales señalan que los agentes forman sus expectativas con base en un promedio ponderado de las observaciones pasadas, por lo que un choque monetario podrá tener efectos sobre las variables reales en lo que los agentes ajustan sus expectativas, pero en el largo plazo, una vez que los agentes hayan ajustado su previsión correctamente, la economía regresaría al pleno empleo. Las implicaciones del análisis monetarista para la política monetaria fueron importantes para moldear el accionar de los bancos centrales en la actualidad, si en el largo plazo la economía regresará al pleno empleo, pero en el corto plazo se rompe la neutralidad del dinero, entonces el pleno empleo es compatible con diferentes niveles de inflación (Motyovszki, 2013).

Esto último llevó a Friedman a recomendar el uso de reglas argumentando que, si se puede llegar al pleno empleo con diferentes niveles de precios, es mejor que sea con una inflación baja, por lo que los bancos centrales deberían adherirse a reglas y mantener una inflación estable haciendo crecer la cantidad de dinero en una proporción similar al crecimiento de la producción. El uso discrecional de la política monetaria solo haría que la economía fluctuara teniendo efectos adversos sobre el bienestar de la sociedad (Giraldo, 2006). En conclusión, para los monetaristas si en el largo plazo la curva de Phillips es vertical y por tanto se mantiene la neutralidad del dinero, la única función de la política monetaria sería mantener un crecimiento estable de la cantidad de dinero mediante una regla que se denominó la regla monetaria de Friedman, ya que para el autor a partir de la ecuación cuantitativa del dinero y el supuesto de una velocidad constante de circulación del

dinero, el nivel de precios en el largo plazo quedará determinado únicamente por el stock de dinero, esto es, la inflación es un fenómeno puramente monetario.

La corriente monetarista fue rápidamente desplazada por la llamada revolución de las expectativas racionales o la Nueva Macroeconomía Clásica (NMC). Uno de los problemas que surgieron a través de la visión monetarista era el supuesto de expectativas adaptativas. Estas expectativas hacen que los agentes puedan cometer errores sistemáticos de predicción. Por su parte, las expectativas racionales, planteadas por primera vez por Muth (1961) y popularizadas en la macroeconomía por Lucas (1972) y Sargent (1980), sostienen que no es correcto asumir que los agentes se pueden equivocar sistemáticamente y que no solo forman sus expectativas con base en información pasada, sino que toman todo un vector de información que tienen disponible en el tiempo actual. Las expectativas racionales implican que los agentes económicos actúan como si conocieran la estructura subyacente de las variables económicas y aunque pueden cometer errores de predicción, estos no son sistemáticos y en promedio aciertan en sus pronósticos.

Para la política monetaria la revolución de las expectativas racionales supuso un cambio importante, ya que en la perspectiva monetarista las expectativas adaptativas hacían que las variables nominales tuvieran efectos en el corto plazo sobre las variables reales, no obstante, si los agentes saben y conocen el funcionamiento de la economía, si un choque monetario es anticipado por los agentes este no tendrá ningún efecto sobre la economía, retomándose la neutralidad del dinero en el corto plazo. Para que la política o los choques monetarios tengan efectos reales, estos choques deberían ser sorpresivos y no anticipados por el público, por ende, la recomendación de política era que el gobierno evitara sorprender a los agentes y que se encargaran de tener credibilidad.

Si bien los monetaristas ya se inclinaban por adherirse a reglas y que la banca central tuviera credibilidad, estas recomendaciones de política se hicieron aún más importantes para la NMC ya que si el gobierno tiene credibilidad sería más fácil contener la inflación y habría menos costos asociados con mantener una inflación baja y estable, dado que los agentes acomodarán sus expectativas y decisiones con base en lo anunciado por la autoridad monetaria (Giraldo, 2006). Posteriormente, a través de los trabajos de Kydland y

Prescott (1977; 1982) se sugirió que la neutralidad era tanto de corto como de largo plazo y que no habría choques monetarios que sorprendieran a los agentes, llevando más allá el concepto de neutralidad de dinero. Los autores plantearon el concepto de inconsistencia dinámica que se discutirá a profundidad en la siguiente sección y que estipula que lo que es mejor en el periodo actual pueda no ser óptimo en términos del largo plazo. El banco central tiene incentivos para explotar la disyuntiva a corto plazo entre inflación y empleo, sin embargo, en un contexto de expectativas racionales, los agentes sabrán si el gobierno quiere desviarse e incluirán esta información en su toma de decisiones, si el gobierno opta por tener un mayor nivel de empleo a costa de mayor inflación, esto será incorporado por los agentes rápidamente, lo que dejará al empleo y la producción en el mismo nivel pero con un mayor nivel de precios, lo que se conoce como el sesgo inflacionario.

En este sentido Kydland y Prescott (1977) al igual que los monetaristas señalaban que se debían de adoptar reglas en lugar de política discrecionales, los autores mostraron que cuando la formación de expectativas no es racional sino estática o adaptativa, los gobiernos pueden explotar el *trade-off* entre inflación y desempleo, con lo cual, la ausencia de expectativas racionales indica que el gobierno *juega contra la naturaleza*, mientras que cuando las expectativas si son racionales, se da una interacción estratégica entre autoridad monetaria e individuos dejando de ser un juego contra la naturaleza, convirtiéndose en un juego contra agentes racionales. Estos trabajos de Kydland y Prescott (1977: 1982) y la inconsistencia dinámica dieron origen a la escuela del Ciclo Real de Negocios (RBC, por sus siglas en inglés) que como ya se mencionó indicaban que la neutralidad se mantenía inclusive en el corto plazo y que las fluctuaciones del ciclo económico eran únicamente resultado de choques reales, en particular de choques tecnológicos, por ende la política monetaria no tenía efecto alguno sobre las variables reales, siendo relegada únicamente a mantener una inflación baja y estable con credibilidad para evitar el sesgo inflacionario.

Las premisas de la escuela RBC se sustentan en dos supuestos claves, el primero es el de expectativas racionales, mientras que el segundo supuesto implica una perfecta flexibilidad de precios y salarios, lo que permite que la economía esté en su nivel de pleno empleo en todo momento, sin embargo, si el segundo supuesto no se mantiene, esto es, si los precios y salarios presentan cierta lentitud de ajuste, entonces los resultados de la teoría

RBC cambian drásticamente y los choques nominales pueden llegar a tener efectos sobre las variables reales, al menos en lo que los precios y salarios se ajustan a la nueva situación. Este tipo de escenario es el que plantea la corriente neokeynesiana, la cual añade a los modelos previos rigideces nominales que se generan a causa de problemas de información y estructuras de competencia imperfecta, además, esta corriente microfundamenta el análisis macroeconómico, utilizando las herramientas de la corriente RBC. Una vez que se incorporan las rigideces nominales, la política monetaria puede afectar la demanda agregada y explotar el *trade-off* entre inflación y desempleo. La teoría neokeynesiana se centra en dos ecuaciones fundamentales las cuales se derivan de los procesos de optimización de los hogares y las empresas. La primera ecuación corresponde a la curva de Phillips neokeynesiana y la segunda a la curva de demanda agregada o IS de corto plazo, las cuales se pueden expresar como:

$$\pi_t = \beta \mathbb{E}_t(\pi_{t+1}) + \kappa \hat{y}_t + \mu_t \quad (1)$$

$$\hat{y}_t = \mathbb{E}_t(\hat{y}_{t+1}) - (i - \mathbb{E}_t(\pi_{t+1})) + \epsilon_t \quad (2)$$

Estas expresiones son versiones simplificadas y linealizadas de modelos micro fundamentados como el que se describe en secciones posteriores, pero para términos de exposición se presentan en este apartado solo las versiones linealizadas. La novedad de este análisis es que, dado al supuesto de rigideces de precios, la inflación (π_t) depende, además de las expectativas de inflación $\beta \mathbb{E}_t(\pi_{t+1})$, de la brecha del producto expresada como $\hat{y}_t$, esto es, la curva de Phillips Neokeynesiana (ecuación 1) rompe la neutralidad del dinero en el corto plazo y la inflación deja de ser solo un fenómeno monetario como argumentaban los monetaristas. La ecuación (2) es una curva IS dinámica que surge de asumir que la producción es igual al consumo en la ecuación de Euler, la cual depende de las expectativas del producto $\mathbb{E}_t(\hat{y}_{t+1})$, así como de la tasa de interés real esperada que se expresa como $i - \mathbb{E}_t(\pi_{t+1})$.

El mecanismo de acción para un banco central en este modelo es el siguiente. La inflación queda determinada por las expectativas de inflación y por la brecha del producto, por tanto, el banco central para afectar a la inflación puede inducir cambios en la tasa de interés nominal, la cual, dado el supuesto de no neutralidad del dinero, afectará la tasa de

interés real y por consiguiente la política monetaria se trasladará a la inflación a través de cambios en la brecha del producto y de las expectativas de inflación. La tercera ecuación fundamental del modelo es la regla de política monetaria que dicta en qué sentido y magnitud debe reaccionar el banco central ante choques en la economía, esta regla se analiza a profundidad en las siguientes secciones.

2.2.Reglas versus discreción y el problema de la inconsistencia dinámica

La revisión de las diferentes escuelas del pensamiento y su visión sobre la neutralidad del dinero permite comprender la evolución teórica sobre la política monetaria. Como se observó en la sección anterior, a partir de los monetaristas y salvo por la escuela RBC, existe un consenso de que el dinero es neutral en el largo plazo, pero no lo es en el corto plazo, aunque cada escuela difiere en los motivos. Esta no neutralidad en el corto plazo implica que la política monetaria es capaz de generar fluctuaciones en el ciclo económico, afectando a las variables reales. La visión que ha dominado en la literatura a partir de los años noventa es la visión neokeynesiana, la cual parte de rigideces nominales como causantes del ciclo económico, incorporando las expectativas racionales de la nueva macroeconomía clásica, estos dos ingredientes generan un escenario en donde los encargados de política monetaria enfrentan un *trade-off* entre inflación y producción.

Una vez aceptada la capacidad de los bancos centrales de estabilizar la economía en el corto plazo y reconociendo la disyuntiva que enfrentan, el siguiente paso en la literatura fue analizar la forma óptima en la que deberían actuar los bancos centrales para generar la menor cantidad de distorsiones. Clarida *et al.* (1999) señalan que el objetivo de un banco central es escoger el camino que seguirá el instrumento de política monetaria (generalmente la tasa de interés nominal de corto plazo), de tal modo que las variables objetivo (usualmente la inflación y la brecha del producto) tomen un camino el cual maximice o minimice alguna función objetivo del banco central. El proceso de maximización/minimización del banco central permite derivar políticas monetarias óptimas. Una política monetaria que resulta óptima dentro de un conjunto de políticas se define como aquella que maximiza o minimiza la función objetivo del banco central y por

ende la que maximiza el bienestar de la sociedad, el cual se aproxima mediante el nivel de utilidad intertemporal del agente representativo (Khan *et al.*, 2003).

En este sentido, existen dos formas de plantear la función objetivo del banco central, la más utilizada es la función de pérdida cuadrática, la cual incluye como argumentos las desviaciones de las variables relevantes de sus niveles objetivos, por ende, los encargados de política monetaria buscan minimizar esta función. La segunda alternativa es utilizar la función de utilidad de un agente representativo como función objetivo a maximizar por parte del banco central, ambas tienen sus ventajas y desventajas, no obstante, Rotemberg y Woodford (1999) y Clarida *et al.* (1999) muestran que una función de pérdida cuadrática puede ser una aproximación a una función de utilidad del agente representativo, aunque en años más recientes, con los trabajos de Schmitt-Grohé y Uribe (2004; 2007) quienes desarrollaron una aproximación de segundo orden para resolver sistemas no lineales con expectativas racionales, se popularizó el uso de la función de utilidad como la función objetivo para elegir las políticas monetarias óptimas.

Un banco central tiene dos formas para cumplir sus objetivos y resolver su problema de optimización, la primera de ellas es a través del uso de reglas y la segunda es a través de políticas discrecionales. Antes de discutir a profundidad el concepto de inconsistencia dinámica y las implicaciones para los hacedores de política monetaria, es útil tener claro estos dos conceptos. Woodford (2003) define una política discrecional como aquella política en donde el banco central o los hacedores de política eligen la acción óptima en cada periodo, esto es, en cada momento del tiempo el banco central analiza la situación económica y con base en dicha situación, elige la acción de política monetaria que cree óptima sin comprometerse sobre acciones futuras, por tanto, las acciones del pasado no restringen las acciones del futuro. En contraste, el uso de reglas implica que un banco central traza un plan o estrategia que se compromete a seguir en cada periodo, esto es, la elección de la tasa de interés en cada periodo se basa en un plan de acción definido con anterioridad. Ante cualquier choque que enfrente la economía, la tasa de interés se ajustará en una dirección y magnitud ya establecida, como señalan Clarida *et al.* (1999): “*la naturaleza como el tamaño de la respuesta (de la tasa de interés ante un choque*

económico) están grabados en piedra”. La discusión sobre la mejor forma de conducir la política monetaria a través de esta dicotomía se conoce como “*Reglas versus Discreción*”.

Los trabajos teóricos desarrollados para esclarecer el debate concluyeron en su mayoría que el uso de reglas es superior a las políticas discrecionales por el problema de inconsistencia dinámica desarrollado y popularizado por Kydland y Prescott (1977) y Barro y Gordon (1983). La inconsistencia dinámica, es expresada a través de un juego en diferentes etapas entre el banco central y el público, en la primera etapa, el público forma sus expectativas sobre la inflación, luego, el banco central optimiza una función objetivo sujeto a una función de oferta tomando como dadas las expectativas de los agentes (que ya se formaron en el periodo previo). Para ilustrar el concepto de inconsistencias dinámica se desarrolla una versión simplificada del modelo de Campante *et al.* (2021) y Carlin y Soskice (2006), partiendo de la siguiente curva de oferta que es una versión simplificada de la ecuación (1):

$$y_t = y_n + \alpha[\pi_t - \pi_t^e] + \mu_t \quad (3)$$

Donde y_n es la tasa natural del producto, esto es, la producción que prevalecería ante la ausencia de choques aleatorios y en un escenario de precios y salarios flexibles, mientras que μ_t representa un choque de oferta aleatorio con media $\mathbb{E}(\mu_t) = 0$ y varianza constante. Esta ecuación muestra una relación positiva entre la inflación y la producción en donde α mide la pendiente de la curva de oferta. Una vez que los agentes formaron sus expectativas de inflación (π_t^e), en la segunda etapa, el banco central elige el nivel de π_t que minimice la siguiente función de pérdida cuadrática:

$$L = \frac{1}{2} [\lambda(\pi_t - \pi^T)^2 + (y_t - y^T)^2] \quad (4)$$

Esta ecuación indica que el banco central se ve perjudicado por las variaciones tanto de la inflación como de la producción de los niveles objetivos, y^T y π^T , que establece el propio banco central y en donde y^T puede ser diferente al nivel natural de producción, y_n .

El banco central minimiza esta función sujeta a la función de oferta, por tanto, sustituyendo (3) en (4) y asumiendo que $\alpha = 1$ y que $\pi^T = 0$ para simplificación del algebra se llega a:¹

$$L = \frac{1}{2} [\lambda \pi_t^2 + (\pi_t - \pi_t^e + \mu_t - \chi)^2] \quad (5)$$

Con $\chi = y^T - y_n$, como la diferencia entre la producción objetivo, establecida por el banco central y la tasa natural de producción. Tomando las condiciones de primer orden con respecto a π_t , se obtiene la siguiente expresión:

$$\lambda \pi_t + (\pi_t - \pi_t^e + \mu_t - \chi) = 0 \quad (6)$$

Arreglando la expresión y resolviendo para π_t :

$$\pi_t^* = \frac{\pi_t^e + \chi - \mu_t}{(1 + \lambda)} \quad (7)$$

La ecuación (7) muestra que la inflación de equilibrio depende de los choques de oferta, de la diferencia entre la producción objetivo y potencial y de las expectativas inflacionarias. Para llegar al resultado de la inconsistencia dinámica, se requiere que las expectativas sean racionales, por ello el siguiente paso es calcular el valor de las expectativas de inflación π_t^e . La expectativa racional del valor futuro de una variable que posee cierta distribución de probabilidad se define como su esperanza matemática, por ello, para calcular la expectativa racional de la inflación se aplica la esperanza matemática a todas las variables que dependen del tiempo en la ecuación (7) dando como resultado la siguiente expresión:

$$\pi_t^e = \mathbb{E}(\pi_{t+1}) = \frac{\mathbb{E}(\pi_{t+1}) + \chi}{(1 + \lambda)} \quad (8)$$

¹ Campante *et al.* (2021) muestran que las implicaciones del modelo no se modifican si se asume un valor diferente de α , mientras que Carlin y Soskice (2006) desarrollan el modelo incluyendo explícitamente π^T llegando a los mismos resultados.

En la ecuación (8) se tiene que $E(\mu_t) = 0$ por la naturaleza del choque, esto significa que en promedio los agentes esperan que no se realice el choque, luego si se resuelve para $\mathbb{E}(\pi_{t+1})$ se obtiene:

$$\mathbb{E}(\pi_{t+1}) = \frac{\chi}{\lambda} \quad (9)$$

Como señala Campante *et al.* (2021) la ecuación (9) muestra que las expectativas de inflación serán superiores al nivel objetivo ($\pi^T = 0$) siempre que la producción objetivo este por encima de su tasa natural. Una vez calculadas las expectativas racionales de la inflación, se puede sustituir (9) en la ecuación (7) y se obtiene la inflación de equilibrio que resulta del problema de minimización del banco central:

$$\pi_t^* = \frac{\chi}{\lambda} - \frac{\mu_t}{(1 + \lambda)} \quad o \quad \pi_t^* = \frac{(y^T - y_n)}{\lambda} - \frac{\mu_t}{(1 + \lambda)} \quad (10)$$

Sustituyendo (10) y (9) en (3) se obtiene y_t^* :

$$y_t^* = y_n + \frac{\lambda \mu_t}{(1 + \lambda)} \quad (11)$$

Estas dos últimas expresiones tienen implicaciones muy importantes para la conducción de la política monetaria, en un contexto de expectativas racionales se tendrá que si el banco central busca mantener un nivel de producción por encima de su nivel natural $\chi > 0$, la producción será en promedio igual a su nivel natural dado que $E(\mu_t) = 0$, mientras que la inflación será superior al nivel de inflación objetivo del banco central ($\pi^T = 0$) en una cantidad determinada por el cociente $(y^T - y_n)/\lambda$, a este término de la ecuación (10) se le denomina como *sesgo inflacionario*.

De manera intuitiva, lo que demuestra este sesgo es que si el banco central busca mantener un nivel de producción por encima de su nivel natural a costa de un poco más de inflación intentando engañar al público, estos se darán cuenta del incentivo de desviarse por parte del banco central y con ello ajustarán sus expectativas de inflación al alza hasta el punto en donde ya no sea rentable para el banco central buscar un nivel de producción más

elevado y ello asegure que $y^T = y_n$, dejando la producción inalterada, pero con un nivel de inflación superior al objetivo.

Este resultado teórico tan simple es quizá el más influyente en la política monetaria de hoy en día y es una pieza fundamental en el comportamiento de los bancos centrales. Si el banco central desea evitar el sesgo inflacionario, necesita que el público esté convencido de que la autoridad monetaria no intentará explotar el *trade-off* entre producción e inflación, esto solo lo logrará manteniendo credibilidad y esta credibilidad se logra de mejor manera, como señalan Clarida *et al.* (1999), a través del uso de reglas o de un banco central con compromiso. De aquí, se intuye también que la autonomía de los bancos centrales es clave para eliminar el problema de la inconsistencia dinámica y por ende el sesgo inflacionario, ya que tasas de producción más elevadas que la tasa natural suelen atribuirse a la dominancia fiscal y a la impresión de dinero con fines políticos, en especial en épocas de elecciones.

Si bien lo que resulta más relevante de este modelo es la importancia de la credibilidad, el resultado no implica *per se* el uso de reglas, las reglas son un mecanismo que ayudan al banco central a ganar credibilidad ante el público, ya que estas involucra un comportamiento sistemático y muy predecible, por tanto, si resulta fácil de predecir para el público, estos sabrán con exactitud cuando el banco central se está desviando de la regla y actuando de forma discrecional, lo que hace más difícil para la autoridad monetaria engañar al público. En este sentido, Taylor y Williams (2010) señalan que más que ser reglas *versus* discreción, el verdadero problema es reglas *versus* política monetaria caótica. Inclusive, estos autores señalan que las reglas pueden servir para evaluar el desempeño de los hacedores de política monetaria, si estos se desvían constantemente de una regla establecida, se podrá concluir que los encargados de la política monetaria de un país no están haciendo bien su trabajo.

Una alternativa a las reglas simples de política es la teoría del control óptimo, la cual se ha visto favorecida por el desarrollo reciente de los métodos computacionales. El control óptimo permite determinar el nivel óptimo de la tasa de interés en cada momento del tiempo al resolver el problema de optimización del banco central con base en toda la

información que brinda el modelo y todas las variables relevantes. Este enfoque atiende una de las principales críticas del uso de reglas y es el hecho de que la decisión de política monetaria bajo reglas se enfoca en un número muy reducido de variables para capturar la dinámica económica, algo que no sucede en la teoría del control óptimo, ya que, en modelos estructurales, la política monetaria se decidiría en función de toda la información relevante del modelo (Woodford, 2003).

Sin embargo, las herramientas de control óptimo tienen una desventaja y es que al ser procedimientos complejos son difíciles de comunicar al público, esta dificultad hace que los agentes no puedan predecir tan fácil el accionar del banco central lo que podría generar dudas y restar credibilidad. Además, otra desventaja de las herramientas de control óptimo es que son muy sensibles a la especificación del modelo, esto es, sus resultados pueden variar sustancialmente si se hacen supuestos distintos o si las condiciones económicas cambian. En este sentido, las reglas simples de política tienen una ventaja adicional, y es que han demostrado ser más robustas ante diferentes escenarios y no son tan sensibles a las especificaciones y supuestos de los modelos. Todos estos factores explican porque los bancos centrales se han adherido implícita o explícitamente a reglas y como la autonomía de los bancos centrales permitió reducir el sesgo inflacionario.

2.3.Reglas de política monetaria y el principio de Taylor

Una vez definido el problema de inconsistencia dinámica y de haber brindado un sustento teórico para el uso de reglas, en esta sección se describen las principales características de las reglas que se emplean en la actualidad, tanto en modelos teóricos como empíricos. En la revisión teórica y en las secciones posteriores, cuando se habla de reglas de política monetaria se emplea el concepto de reglas simples e implementables de Schmitt-Grohé y Uribe (2007). Una regla se considera simple cuando toma solo un número pequeño de variables que son fácilmente incorporables a la regla para determinar la trayectoria del instrumento de política. Existen otro tipo de reglas o mecanismos que son más complejas, como la política de Ramsey, y aunque tiene ciertas ventajas en comparación con las reglas simples, tienen la desventaja de que son difíciles de comunicar al público. Por su parte, el término implementables hace referencia a que son reglas que permiten un equilibrio único

de expectativas racionales, es decir, no se consideran las reglas que generan problemas de indeterminación en los modelos.

Para poder definir formalmente las reglas también se debe definir el instrumento de política monetaria, en este caso, aunque existen reglas de política que se basan en agregados monetarios como en Sargent y Wallace (1975), en esta sección solo se analizan reglas que toman como instrumento alguna medida de la tasa de interés nominal de corto plazo. Esto se debe a que anteriormente los bancos centrales controlaban la cantidad de dinero en la economía, sin embargo, Vines y Wills (2018) señalan que la demanda de dinero resultó ser altamente inestable, lo que propició el cambio de instrumento.

Una regla de política basada en la tasa de interés nominal y que puede satisfacer el concepto de reglas simples e implementables bajo ciertas condiciones, es la regla de Taylor (1993), la cual constituye la base moderna de la discusión sobre reglas de política monetaria. Esta regla tuvo un gran éxito tanto en el ámbito empírico como teórico por su simpleza, ya que como mencionan Davig y Leeper (2005) los economistas buscan describir de la forma más sencilla posible las políticas económicas, lo que logró con éxito la regla desarrollada por Taylor (1993) en la obra “*Discretion versus policy rules in practice*”. La versión original estipula que la tasa de política se fija con base en solo dos variables, las desviaciones del producto de su nivel potencial y de las desviaciones de la inflación de su nivel objetivo, la regla de Taylor convencional linealizada se puede expresar como:

$$i_t = i_t^* + \phi_\pi \hat{\pi}_t + \phi_y \hat{y}_t \quad (12)$$

Con $\hat{\pi}_t = \pi_t - \pi^T$ que expresa la desviación de la inflación de su objetivo de largo plazo (π^T) determinado por la autoridad monetaria, $\hat{y}_t = y_t - y^p$ representa la desviación porcentual del producto de su nivel potencial (y^p), mientras que i^* es la tasa de interés nominal de equilibrio de largo plazo. La regla dicta que el banco central deberá aumentar los tipos de interés ante aumentos de la inflación y de la producción por encima de sus niveles de largo plazo, mientras que los parámetros ϕ_π y ϕ_y determinan la magnitud de la respuesta y por tanto muestran la importancia que le dará el banco central a estabilizar la

inflación y la producción. Taylor propuso los valores $\phi_{\pi} = 1.5$ y $\phi_y = 0.5$, con un nivel de inflación objetivo del 2% y una tasa de interés nominal de equilibrio del 4%.

Esta regla se hizo popular rápidamente por diversas razones, entre ellas, Woodford (2003), señala que los valores asignados por Taylor describían el comportamiento de la FED entre 1987 y 1992, pero no solo eran consistentes para describir su comportamiento, sino que también eran consistentes de manera normativa, esto significa que parecían ser parámetros que garantizaban la estabilidad macroeconómica en simulaciones econométricas. Además, la trayectoria de la tasa de interés está en función de solo dos variables, con lo cual, son fáciles de transmitir al público y permiten evaluar el compromiso que tiene el banco central para cumplir sus objetivos. Otra ventaja es que, en los modelos nekeynesianos la regla permite cerrar los modelos ya que dictan la evolución de la tasa de interés nominal. Por ejemplo, el modelo canónico de las ecuaciones (1) y (2) tiene tres variables endógenas, π , y e i , con lo cual, una regla de política como la de la ecuación (12) garantiza que haya el mismo número de ecuaciones que de variables endógenas.

Su popularidad generó que la literatura sobre reglas de política tomara como piedra angular la ecuación (12), y a partir de ahí se construyeron variantes de la regla haciendo modificaciones y discutiendo las implicaciones para el bienestar. Los cambios planteados fueron sobre todo en dos aspectos, la primera fue con respecto al valor óptimo de los parámetros y en segundo lugar sobre el vector de variables que se incluirían para reflejar de mejor manera la situación macroeconómica y maximizar el bienestar de la sociedad.

Con respecto a la ponderación de los parámetros, se demostró que en este tipo de reglas es importante que se cumpla la condición $\phi_{\pi} > 1$, a la cual se le conoce como principio de Taylor. El principio de Taylor estipula que, ante un aumento de la inflación, la tasa de interés nominal debe aumentar más que proporcional al aumento de la inflación. Como señala Cochrane (2007), en los modelos Keynesianos tradicionales, esto se asocia con la ecuación de Fisher, en donde el banco central no puede controlar directamente la tasa de interés real, solo puede controlar la nominal, con lo cual debe garantizar que esta última aumente más que la inflación para que la tasa de interés real aumente. En los modelos nekeynesianos, el mecanismo es diferente pero la conclusión es la misma, por ejemplo,

Woodford (2003) muestra que, en un modelo con expectativas racionales más complejo, el principio de Taylor asegura un equilibrio estable y único para la inflación y la tasa de interés nominal, con lo cual, la ausencia de esta condición genera indeterminación en los modelos con expectativas racionales y por definición la regla dejaría de ser implementable.

En cuanto al peso que se le puede asignar a la brecha del producto, este no requiere ninguna condición que asegure la estabilidad del modelo y depende de los objetivos del banco central. El parámetro se puede fijar en $\phi_y = 0$ ignorando los movimientos de la producción y solo enfocarse en la inflación, a esto se le conoce como objetivos de inflación estricto, (Rudebusch y Svensson, 1999). En contraste, el propio Taylor (1999) propuso una regla que posteriormente se denominó *Balanced approach*, que asigna a ϕ_y el valor de 1 manteniendo ϕ_π en 1.5. Esta variante fue popularizada en la FED por Yaneth Yellen (2012) como una regla que se apega al régimen de mandato dual en Estados Unidos y que Rudebusch (2002) considera una regla con una respuesta fuerte a la producción. Una regla de estas características y cualquier otra que introduzca variables adicionales a la inflación se les conoce como objetivos de inflación flexible. Autores como Svensson (2010) comentan que es este régimen al que realmente se han apegado los bancos centrales, es decir, aunque su prioridad sea estabilizar la inflación alrededor del objetivo, reaccionan a otras variables.

Teóricamente, un mandato de régimen de inflación estricta surge como resultado de la divina coincidencia, término acuñado por Blanchard y Galí (2007) y que hace referencia a que estabilizar la inflación equivale a estabilizar la brecha del producto (la brecha relevante para el bienestar, es decir, la diferencia entre la producción observada y la producción eficiente). Los autores atribuyen este resultado a la ausencia de rigideces reales importantes y muestran como incluir rigideces de salarios reales rompe la divina coincidencia. Sin embargo, hay otras formas de romper la divina coincidencia, generalmente se acepta que incluir choques de oferta como el de costos, puede llegar a romperla (Kim, 2016). Recientemente, Alves (2014) muestra que asumir una inflación positiva en el estado estacionario también genera ineficiencias que rompen la divina

coincidencia, esto tiene repercusiones importantes ya que la mayoría de los bancos centrales alrededor del mundo tienen un objetivo positivo para la inflación.

En resumen, para mantener la divina coincidencia, se deben de dar una serie de condiciones que pueden resultar de supuestos poco realistas o de omitir ciertas características de la economía. El consenso es que el banco central enfrenta distintos *trade-offs* y que estabilizar la inflación no equivale a estabilizar la brecha del producto. En este sentido, Torres (2002) argumenta que es importante que la brecha del producto en la regla de Taylor tenga un peso significativo, sobre todo cuando se presentan choques de oferta transitorios, ya que un choque adverso de oferta podría generar un aumento en el precio de los insumos. Si se aumenta la tasa de interés para frenar la inflación, esto afectaría la producción agravando aún más la situación económica entrando en un círculo vicioso. Por ello ante este tipo de choques transitorios, es necesario que ϕ_y tenga un peso suficiente para contrarrestar parcial o totalmente el aumento de la tasa de interés originado por el aumento transitorio de la inflación.

Hasta el momento, se han señalado las características de las reglas que solo emplean la brecha del producto y la inflación. Sin embargo, es común sustituir estas dos variables por algún otro indicador de precios o alguna medición alternativa del ciclo económico. Por ejemplo, una de las principales críticas de este tipo de reglas es que dependen de variables no observables o latentes como el nivel potencial de la producción, que si bien se han desarrollado metodologías que hacen un buen trabajo calculando el producto potencial (Hodrick y Prescott (1997), Hamilton (2017), Beveridge y Nelson (1981), Baxter y King (1999), entre otros), estas son susceptibles a errores de medición, además, según el método utilizado, la política monetaria óptima podría ser diferente. Una solución al problema de variables latentes ha sido incluir variables en primeras diferencias como en Cochrane et al. (2020) y Orphanides (2003). Esto aplica tanto cuando se usa la producción o cuando se emplea alguna medida del desempleo como indicador del ciclo económico.

En el caso de la inflación, no se presenta un problema sobre estimaciones de variables latentes, ya que la inflación es un dato fácilmente observable y que se tiene en periodicidades altas. La discusión con respecto a este término se ha presentado en si es

mejor que la regla responda a cambios en la inflación trimestral, anual o inclusive de mayores plazos. Taylor y Williams (2010) argumentan que perseguir la inflación a plazos mayores, por ejemplo, anual, tiene la ventaja de que evita constantes modificaciones de la tasa de interés porque impide que el banco central responda a movimientos transitorios en la inflación, lo que suaviza los movimientos de la tasa de interés.

Además, no hay una medida específica de la inflación que se deba estudiar y aunque la mayoría de trabajos emplean la inflación de bienes de consumo, existen trabajos que discuten otros indicadores de precios, es decir, se pueden comparar la inflación de bienes producidos domésticamente con la de bienes de consumo (Galí y Monacelli, 2005; Adolfson, 2007), inclusive se puede incluir la inflación de salarios en modelos que modelan explícitamente el mercado laboral (Faia, 2008) o perseguir el nivel de precios en lugar de la inflación (Cochrane et al., 2020).

Por otra parte, una de las variantes que más relevancia tuvo y que se mantiene en la mayoría de los modelos en la actualidad, es emplear reglas con suavizamiento de la tasa de interés. Una regla básica de Taylor con suavizamiento de la tasa de interés se puede representar de la siguiente manera:

$$i_t = i_t^* + \rho i_{t-1} + (1 - \rho)(\phi_\pi \hat{\pi}_t + \phi_y \hat{y}_t) \quad (13)$$

En donde ρ es el parámetro de suavizamiento que normalmente oscila entre 0 y 1. Existen diversas razones que hacen deseable tener un ajuste gradual de la tasa de interés. Por lo general, un banco central busca evitar los cambios bruscos en la tasa de interés ya que esto se podría traducir en una mayor volatilidad del precio de otros activos financieros, además, al enfrentar incertidumbre, un banco central puede reaccionar a errores de medición que se hacen pasar por choques económicos o enfrentarse a errores en la estimación de los parámetros, en esos casos, un ajuste gradual podría mitigar cambios no deseados de la tasa de interés (Castelnuovo, 2003; Taylor y Williams, 2010).

Si bien en los modelos canónicos solo suele incluirse alguna medida de la inflación y del ciclo económico y el término de suavizamiento, cuando se añaden más distorsiones tanto reales como nominales o se agregan nuevos supuestos o sectores, el banco central

podría requerir estabilizar otras variables para acercar a la economía a su nivel eficiente. Con lo cual, la ecuación anterior se puede ampliar para contemplar un vector de variables adicionales de la siguiente forma:

$$i_t = i^* + \rho i_{t-1} + (1 - \rho) \left(\phi_\pi \hat{\pi}_t + \phi_y \hat{y}_t + \sum_{i=1}^n \phi_i X_t^i \right) \quad (14)$$

En donde X_t^i es un vector de variables (generalmente asociadas a los fundamentos macroeconómicos) de tamaño n . Si bien no hay un número concreto de variables que se puede incluir, este vector no suele contener más de una a tres, esto para mantener la regla simple y con un número manejable de indicadores económicos. Las variables usuales que se han considerado son: algunas medidas del tipo de cambio o términos de intercambio para modelos de economía abierta (Lubik y Schorfheide, 2007; Adolfson, 2007), variables del sector financiero (Quint y Rabanal, 2014; Bailliu et al., 2015; De la Peña, 2021), sobre todo a partir de la crisis de 2008 en donde se comenzaron a incluir los mecanismos del acelerador financiero de Bernanke et al. (1999) o variables del mercado de trabajos (Faia, 2008), entre otras.

Otro aspecto relevante de las reglas como la ecuación (14), es el horizonte temporal de las variables. Hasta el momento, se han planteado reglas que están expresada en forma contemporánea, sin embargo, en la regla se pueden incluir rezagos o adelantos de las variables, de todas o solo de algunas variables, con lo cual, una forma genérica de tener en cuenta estas posibilidades es:

$$i_t = i^* + \phi_\pi \hat{\pi}_{t+s} + \phi_y \hat{y}_{t+k} + \sum_{i=1}^n \phi_i X_{t+j}^i \quad (15)$$

En donde s , k y j pueden tomar valores negativos (reglas *backward looking*), positivos (reglas *forward looking*) o iguales a cero (reglas contemporáneas). La razón para hacer una distinción en el subíndice temporal de cada variable es porque estos pueden variar, es decir, además de poder tener reglas puramente *backward* o *forward looking*, se pueden mezclar horizontes. Una versión ampliamente utilizada de este tipo de reglas es la

denominada *regla basada en pronósticos de la inflación*, en donde $s = 1$ y $k = j = 0$. Cabe destacar que con las reglas *forward looking*, el horizonte máximo que se suele analizar es a un año, ya que, autores como Levin et al. (2003) han mostrado que reglas que persiguen las expectativas de las variables más allá de un año en el futuro, podría generar problemas de indeterminación en los modelos.

Por su parte, Clarida *et al.* (2000) demuestra que teóricamente, una regla totalmente *forward looking* puede resultar de un proceso de optimización del banco central a partir de una función de pérdida cuadrática y, por lo tanto, resultar optima en términos de estabilización de una economía en ejercicios normativos. En este caso, aunque la inflación se incluye en términos de expectativas, los autores aclaran que, en una regla como esta, también se debe de respetar el principio de Taylor para garantizar un equilibrio.

En resumen, la literatura ha explorado diversas reglas de política monetaria, la mayoría de estas reglas se basan o son una extensión de la regla de Taylor (1993). La literatura discute si es conveniente incluir más variables (como el tipo de cambio o variables del sector financiero), si la dinámica temporal es correcta (esto es, si se deben especificar las variables rezagadas, en tiempo presente o con expectativas), si la magnitud de los parámetros propuesta por Taylor genera resultados deseables o si hay mejores ponderaciones para la inflación y la producción, entre muchas otras alternativas.

:

3. ANTECEDENTES

El desarrollo de técnicas para estimar modelos macroeconómicos comenzó a tener un auge importante luego del modelo desarrollado por Klein y Goldberger (1955), el cual era un modelo de gran escala con ecuaciones simultaneas en forma reducida que describían el comportamiento de las series macroeconómicas más importantes de Estados Unidos. Este tipo de modelos y la forma en cómo se abordó la econometría durante estos años, fueron criticados por Lucas (1976), el cual, como ya se mencionó, señalaba que las expectativas de los agentes económicos eran racionales y los modelos de tipo Klein-Goldberg no contemplaban este hecho. Lucas (1976), argumentaba que intentar analizar cambios en política económica con datos del pasado podría llevar a evaluaciones erróneas. Si los agentes tienen expectativas racionales, el cambio de política modificaría los parámetros en forma reducida dado que estos están en función, entre otras cosas, de la política económica, por tanto, para evitar este problema habría que obtener los parámetros estructurales que son invariantes ante diferentes políticas económicas, a esto se le denominó la *crítica de Lucas*.

En este sentido, la evolución teórica mediante las expectativas racionales también contribuyó a la evolución metodológica. Para sobreponerse parcialmente a la crítica de Lucas, Sims (1980), desarrolló modelos mediante los cuales se podía evitar el problema de identificaciones poco creíbles entre ecuaciones como en los modelos del tipo Klein y Goldberger (1955), asumiendo que las variables macroeconómicas de interés incluidas en los modelos eran todas endógenas. En estos modelos las variables dependen de sus valores pasados y de los valores pasados de las demás variables y se les conoce como Vectores Autorregresivos (VAR). Los modelos VAR, son modelos en forma reducida que imponen pocas o ninguna restricción teórica y permiten que los datos hablen, por tanto, suelen ser una primera aproximación para estudiar relaciones entre variables macroeconómicas. Según Christiano (2012), los modelos VAR surgieron por lo difícil que resultaba estimar modelos estructurales con las herramientas de la época, por tanto, los VAR eran un punto medio entre modelos plenamente estructurales sugeridos por Lucas (1976) y los modelos reducidos de Klein y Goldberger (1955).

La ventaja que supone evitar una identificación *a priori* que, si tenían que hacer los modelos a gran escala, fue también una de las principales críticas a los modelos VAR, ya que, si por ejemplo se busca analizar el efecto de una política monetaria, es necesario hacer una correcta identificación del choque de política para evitar llegar a conclusiones erróneas (Christiano, 2012). Estas críticas fueron rápidamente atendidas con el desarrollo de modelos VAR estructurales (SVAR por sus siglas en inglés) que imponen algunas restricciones con sentido económico de corto (Blanchard y Watson, 1986; Bernanke, 1986) y largo plazo (Blanchard y Quah, 1989; Shapiro y Watson, 1988). Además de los SVAR con restricciones de corto y largo plazo, se identifican en la literatura más variantes, como los SVAR con restricciones de signo desarrollados por Uhlig (2005), los SVAR con cambio de régimen popularizados por Hamilton (1989; 1990), entre otras.

Si bien los VAR se popularizaron para todo tipo de análisis económico, su uso se priorizó para analizar los efectos de choques de política monetaria sobre variables de interés y de esta forma poder identificar los mecanismos de transmisión. Además, los VAR contribuyeron significativamente a las discusiones teóricas, Woodford (2003) menciona que estos modelos mostraron que, contrario a lo que se creía en la NMC y en la escuela RBC, los choques de política monetaria tenían efectos significativos sobre variables reales en el corto plazo y que la política monetaria era relevante para estabilizar una economía, realzando la importancia de las rigideces nominales.

Sin embargo, la revolución de las expectativas racionales y el desarrollo de los sistemas computacionales, permitieron el uso de técnicas más sofisticadas para atender a las preguntas más relevantes de la política monetaria con modelos puramente estructurales, prueba de ello fue el creciente uso de los modelos DSGE los cuales modelan las relaciones económicas a través de microfundamentos, resolviendo el problema de optimización intertemporal de los agentes participantes, de ahí que sean dinámicos. Además, el equilibrio general es alcanzado en el largo plazo, mientras que, en el corto plazo, hay desviaciones del estado estacionario por choques aleatorios, de ahí su nombre de estocásticos. Los pioneros en este tipo de modelos fueron Kydland y Prescott (1982) quienes desarrollaron un modelo para explicar las fluctuaciones económicas, este trabajo asumía flexibilidad perfecta de

precios y salarios, por tanto, el ciclo económico era generado por choques tecnológicos como se mencionó en secciones anteriores.

La obra de Kydland y Prescott (1982) es quizá la obra más influyente en la forma en cómo se estudia la macroeconomía en la actualidad, sin embargo, el trabajo de estos autores vino de la mano con el desarrollo de los modelos VAR de Sims (1980), por lo que en primera instancia quedaron relegados durante la década de los ochenta. El auge de los modelos DSGE como base para trabajar temas macroeconómicos comenzó a finales de los noventa, pero con una visión diferente a la de Kydland y Prescott (1982), ya que se comenzaron a incluir rigideces nominales de precios y salarios. Para atender el reto matemático que representaba incluir rigideces nominales, en la literatura predominó el modelo de fijación de precios de Calvo (1983), este modelo asume que solo una fracción de las empresas puede optimizar los precios en cada periodo, mientras que la fracción restante no lo puede hacer, entonces, una empresa que puede optimizar sus precios en el periodo actual, sabe que con cierta probabilidad no podrá optimizar precios en el siguiente periodo, lo cual lo toma a consideración en su problema de maximización de ganancias. Este mecanismo dio origen a la curva de Phillips neokeynesiana.

La alternativa al modelo de Calvo para incluir rigideces de precios es la fijación *a la Rotemberg* (1982) la cual difiere de Calvo en el sentido de que las empresas tienen un costo asociado por cambiar sus precios, aquellas empresas con costos similares fijarán precios similares, sin embargo, la literatura en general ha optado por el modelo de Calvo (1983).² Desde entonces, el estado del arte metodológico siguió un paradigma neokeynesiano mediante la estimación de modelos DSGE con rigideces nominales (Vines y Wills, 2018).

La primera generación de modelos DSGE neokeynesianos, mostraban una respuesta rápida de la producción, el consumo y la inversión a diversos choques, entre ellos choques de política monetaria, no obstante, los modelos VAR mostraban que estas variables solían responder con cierta persistencia, esto es, se observaba una respuesta en forma de campana,

² Para una descripción detallada de ambos modelos y una discusión de sus ventajas y desventajas se puede consultar Lobardo y Vestin (2007) y Richter y Throckmorton (2016)

lo que se conoce en la literatura como *hump-shaped pattern*. Por esto, la segunda generación de modelos DSGE incluyeron no solo rigideces nominales, sino también rigideces reales para que el consumo, la producción y la inversión mostraran la forma de campana observada en los datos como muestran Christiano *et al.* (2005) y Smets and Wouters (2007). Para lograr rigideces reales se incorporaron los supuestos de formación de hábitos en el consumo y de costos de ajuste en la inversión. Esto muestra que, aunque la corriente metodológica dominante en los últimos 25 años han sido los modelos DSGE, los VAR siguen siendo importantes para explicar la dinámica de los datos que luego se incorporaran de manera teórica a los modelos estructurales.

La principal ventaja de los modelos DSGE es que al ser modelos estructurales no son susceptibles a la crítica de Lucas (1976), además como señalan Christiano *et al.* (2010) estos modelos son vistos como laboratorios para los economistas en el sentido de que permiten realizar ejercicios contrafactuales para observar que pasaría con una economía si se presenta un cambio de política o que pasaría con las variables de interés ante diversos choques ya sea de demanda u oferta. Luego de los modelos base, se sumaron algunas extensiones, como estimar modelos para economías abiertas como en Adolfson *et al.* (2011), Lubik y Schorfheide (2007) y Galí y Monacelli (2005), con desempleo como en Gertler *et al.* (2008) y Galí (2015), mientras que tras la crisis de 2008 se popularizaron los modelos que incorporan explícitamente las fricciones del sector financiero al estilo de Bernanke *et al.* (1999) y de Kiyotaki y Moore (1997) como en Christiano *et al.* (2011). Para una revisión detallada de los modelos DSGE, se puede consultar *Macroeconomic Model Database* de Wieland *et al.* (2016), quienes desarrollaron una base de datos en donde se recopilan los modelos más prominentes e influyentes de los últimos 30 años (más de 100 modelos) y que viene acompañada de un software para realizar comparativas entre modelos.

Es importante mencionar las principales técnicas de estimación que se han empleado en el marco de los modelos DSGE, la primera de ellas es mediante calibración de parámetros ya sea a través de la teoría económica o de la distribución de los datos. Otra forma de estimación es a través de máxima verosimilitud, sin embargo, la técnica más utilizada es a través de técnicas bayesianas, las cuales asumen que los parámetros son

variables aleatorias con una cierta distribución de probabilidad. En los modelos bayesianos, los parámetros se calculan como un promedio ponderado entre las creencias previas o *priors* y lo que indican los datos (máxima verosimilitud) lo cual tienen la ventaja de que restringen el valor de los parámetros a valores con sentido económico. Una revisión detallada de estos métodos se puede encontrar en An y Schorfheide (2007), Herbst y Schorfheide (2016) y Fernández-Villaverde (2009).

A pesar de las ventajas mencionadas, estos modelos no han estado exentos de críticas, sobre todo a partir de la CFG, ya que, como menciona Stiglitz (2018), los modelos no dieron respuestas para este acontecimiento. Por su parte, Blanchard (2018) señala que la estimación de estos modelos, tanto mediante calibración como a través de técnicas Bayesianas, no es convincente. El autor critica la forma en que se imponen creencias sobre los parámetros, señalando que para algunos hay evidencia empírica suficiente que sustenta un valor particular, sin embargo, este no es el caso para todos y bajo sus palabras, elegir valores para ciertos parámetros basados en la literatura es “*simplemente una forma de echar la culpa de la elección de los parámetros a investigadores anteriores*”. El autor concluye que estos modelos no deben ser descartados, solo se deben atender sus puntos débiles y aceptar que diferentes metodologías sirven para distintos propósitos.

En conclusión, los modelos VAR y DSGE han sido la base para estudiar diversos aspectos de la política monetaria, se dejan de lado los modelos de cointegración, ya que la literatura no ha prestado mucha atención a este tipo de técnicas porque el análisis de política monetaria parte de la base de que hay neutralidad en el largo plazo. Una vez revisado el estado del arte econométrico, en las siguientes secciones se hace una revisión de trabajos empíricos a nivel internacional y luego para el caso de México, se revisan los principales hallazgos en cuanto a mecanismos de transmisión, estimación de reglas de Taylor y trabajos sobre políticas monetarias óptimas.

3.1.Evidencia empírica sobre política monetaria a nivel internacional

3.1.1. Canales de transmisión a nivel internacional

Cuando se analiza empíricamente la política monetaria, son dos las principales líneas de investigación, la primera se enfoca en los mecanismos de transmisión mientras que la segunda se orienta en estimar las reglas de política monetaria tanto de manera positiva como normativa. Los dos tópicos son relevantes y están relacionados entre ellos. Con respecto a los mecanismos de transmisión, Mohanty y Turner (2008) señalan que a partir de las décadas de los ochenta y noventa los mecanismos de transmisión de la política monetaria se han modificado considerablemente a nivel mundial, esto debido al cambio de régimen de política que consistió en bancos centrales autónomos que priorizan la credibilidad (como resultado de la inconsistencia dinámica y la revolución de las expectativas racionales), aunado a la gran apertura comercial, globalización y al gran desarrollo de los mercados financieros. Este último punto es especialmente relevante para economías desarrolladas en donde se ha encontrado que los canales de transmisión financieros como el canal de crédito o del precio de otros activos son cada vez más importantes, mientras que para economías desarrolladas los mecanismos de transmisión que operan a través del sistema financiero no suelen ser tan fuertes y se hace más énfasis en el tipo de cambio y el canal de las expectativas.

Hofmann y Peersman (2017) hacen un estudio sobre la efectividad de la política monetaria considerando largos periodos de tiempo y así poder detectar cambios en los mecanismos de transmisión en Estados Unidos, país que suele tomarse como referencia de los países desarrollados. Los autores, a través de la estimación de un VAR obtienen que la curva de Phillips en Estados Unidos se ha vuelto más plana en los últimos años, lo que implica que se requiere renunciar a más producción para reducir la inflación. También obtienen que a partir de los años ochenta a la fecha, la variable crédito se ha vuelto muy sensible a cambios en la tasa de interés nominal confirmando la importancia de los canales financieros que señalan Mohanty y Turner (2008).

La creciente literatura sobre el sector financiero y la política monetaria, no solo se ha acelerado debido al gran desarrollo del sistema financiero, sino también por la crisis de 2008, ya que previo a la CFG se le daba un papel más importante al canal tradicional de la tasa de interés y los modelos ignoraban las rigideces que se dan en este sector. Sin embargo, tras la CFG, Vines y Wills (2018) señalan que dentro de las mejoras que se debían realizar a los modelos era incluir explícitamente al sector financiero y las ineficiencias que ahí se producen, lo que condujo naturalmente al desarrollo de modelos que se enfocaban en el riesgo moral y comportamiento oportunista, retomando los trabajos del acelerador financiero de Bernanke e al. (1999) y posteriormente con modelos de agentes heterogéneos, esto es, con agentes que poseen diferentes propensiones marginales a consumir y diferentes restricciones crediticias ya que esto permite darle una dinámica más completa y realista a la transmisión de los choques monetarios a través de los activos financieros.

El trabajo de Kaplan *et al.* (2018) es un referente en este tema al ampliar el modelo neokeynesiano con agentes heterogéneos,³ este modelo además de incluir diferentes propensiones marginales a consumir también añade la presencia de diferentes activos financieros (líquidos y no líquidos). Los resultados del modelo calibrado enfocado a la economía de Estados Unidos sugieren que, en los modelos de agente representativo, el principal mecanismo de transmisión ante cambios en la tasa de interés nominal es a través del efecto sustitución intertemporal del consumo, sin embargo, en un escenario de agentes heterogéneos, este mecanismo es menos importante y destacan los mecanismos que los autores denominan indirectos y que se asemejan al concepto del multiplicador del gasto público. Las conclusiones generales a través de estos modelos destacan la importancia de las características financieras de los individuos como causantes de movimientos en la demanda agregada y han documentado como la política monetaria puede tener efectos sobre la desigualdad de ingresos (Auclert, 2019; Auclert *et al.*, 2020; Cloyne *et al.*, 2020; Ampudia *et al.*, 2018; Luetticke, 2021).

³ A estos modelos se les denomina HANK (Heterogeneous Agent New Keynesian), para una revisión detallada véase Kaplan *et al.* (2018) y Kaplan y Violante (2018)

Por su parte, Boivin *et al.* (2008) señalan que para la Unión Europea (UE), además de los cambios citados por Mohanty y Turner (2008), se suma el hecho de esta región adoptó oficialmente el Euro como divisa en el año 1999 en el marco de la Unión Económica y Monetaria (UEM), por ello, los autores estudian los cambios en los mecanismos de transmisión a partir de esta fecha mediante un *Factor Augmented VAR* (FAVAR) y encuentran que tras la adopción del Euro como moneda común los choques de política monetaria tuvieron un menor efecto sobre la producción y que el tipo de cambio se hizo más sensible a cambios en la tasa de interés. Además, una de las principales conclusiones es que, a pesar de adoptar una moneda común, se observa un grado de heterogeneidad importante de los mecanismos de transmisión entre los diferentes países. Por su parte, para este grupo de países, Ciccarelli *et al.* (2015) ponen a prueba la relevancia del sector financiero como mecanismo de transmisión en la UE mediante la estimación de un modelo VAR. Los resultados corroboran la importancia del canal de crédito para la UE, el cual amplifica la respuesta de la producción y la inflación ante choques de política monetaria.

Para el caso de Latinoamérica, los trabajos empíricos sobre los mecanismos de transmisión se han enfocado en identificar cambios luego de que varios países como Brasil, Chile, Colombia, Perú y México adoptaran esquemas de objetivos de inflación. Pérez (2015) estima un Panel VAR para estos 5 países a partir del año 2000 hasta 2013 encontrando que hay una heterogeneidad importante en los mecanismos de transmisión, algo similar a lo que documentó Boivin *et al.* (2008) para la UE. Por ejemplo, el canal del tipo de cambio sigue siendo importante en Brasil, Chile y Colombia, sin embargo, para México y Perú, choques de la tasa de interés nominal han tenido menos efecto sobre esta variable, además, el autor documenta que tanto la inflación como la producción se han vuelto más sensibles a choques de política en los países de la región. Por su parte, Mariscal *et al.* (2014) observan que, para 8 países de la región, hubo un aumento de la credibilidad luego de la adopción de un esquema de objetivos de inflación, lo que implica que el canal de las expectativas de inflación se ha vuelto más fuerte debido a estos cambios de política.

Quintero (2015) analiza los 5 países que analiza Pérez (2015), pero el autor añade a los canales tradicionales (el del tipo de cambio y la tasa de interés) variables relacionadas al

canal de crédito como mecanismo de transmisión. Los resultados de nuevo muestran cierta heterogeneidad, y en general, el canal de crédito bancario parece no tener mucha importancia en la región, salvo para Perú. Por el contrario, para la mayoría de los países el canal de la tasa de interés muestra ser importante. Con respecto al canal del tipo de cambio, este parece tener nula relevancia en Colombia, mientras que para los demás países suele operar en ciertos periodos. Los resultados del autor muestran que, contrario a lo que se encuentra en países desarrollados, los canales del sector bancario no tienen tanto peso en la región, esto quizá se deba al bajo desarrollo del sistema financiero en los países latinoamericanos en comparación con el sistema financiero de los países desarrollados.

3.1.2. Reglas de política monetaria, evidencia a nivel internacional

En cuanto a la segunda línea de investigación que se enfoca en las reglas de política, las investigaciones en un inicio permitieron corroborar la importancia que tienen las reglas para la estabilidad macroeconómica, sobre todo analizando Estados Unidos. Taylor (1993; 1999) documentó para este país que previo al año 1979 la política monetaria en la FED se caracterizaba por un alto grado de discreción, lo que se asoció con inestabilidad económica y el periodo de la estanflación. A partir de 1979 en adelante, las estimaciones muestran que la FED siguió de manera más recurrente una regla dejando las políticas discrecionales. A este cambio en la política monetaria de Estados Unidos se le atribuye el periodo de la Gran Moderación, un periodo caracterizado por una gran estabilidad macroeconómica y un buen crecimiento económico.

En años más recientes, Cochrane et al. (2020) estiman una medida de discreción de la FED a través de un modelo DSGE y confirman los hallazgos de Taylor (1993; 1999), los autores muestran que durante los ochenta y noventa la FED se adhirió fuertemente a reglas, además, este estudio añade nueva información y muestran que a partir del inicio de los dos mil, la FED comenzó nuevamente con el uso de políticas discrecionales, lo que podría explicar la gran inestabilidad que culminó con la CFG y el pobre desempeño económico en los años siguientes. Con lo cual, estas regularidades empíricas confirmaban la importancia de las reglas para que los bancos centrales obtuvieran credibilidad.

El siguiente paso fue describir las características que deberían de tener las reglas de política dando origen a la discusión sobre reglas de política monetaria óptimas, iniciando un auge de trabajos que más que describir el comportamiento observado de los banqueros centrales, tenían como propósito evaluar y comparar regímenes de política monetaria alternativos y su efecto sobre el bienestar social mediante ejercicios simulados. Para ello, existen dos caminos, uno es evaluar el efecto que tienen diferentes reglas sobre una función de pérdida cuadrática y otra sobre el efecto que tienen en el bienestar, definido como el valor esperado de la función de utilidad de los consumidores. Ambos enfoques tienen diferentes características y limitaciones, y bajo ciertas condiciones se puede demostrar que con una expansión de segundo orden con series de Taylor de la función de utilidad se puede obtener una función de pérdida cuadrática. Sin embargo, este tema se discute a profundidad en las siguientes secciones, por el momento, para la revisión de la literatura sobre reglas de política no se hace distinción entre las investigaciones que hayan usado una función cuadrática o una función de utilidad.

Como se mencionó anteriormente, la regla de Taylor (1993) constituye la base moderna de la discusión sobre reglas simples de política monetaria, y las variantes que llegaron posteriormente mantenían la esencia de la regla que propuso el autor. Uno de los primeros aspectos que se cuestionó fue el valor de los parámetros. Taylor (1993; 1999) y Cochrane et al. (2020) mencionan que el periodo de gran moderación en Estados Unidos no solo se explicaba por la adherencia a reglas, también era por el cumplimiento del principio de Taylor, esto es, las reglas sugerían una reacción más que proporcional de la tasa de interés a cambios en la inflación. El propio Taylor (1993; 1999) y Woodford (2003) señalan que, por el contrario, la gran inflación de los años previos a la gran moderación se debió a un bajo valor de ϕ_{π} por parte de la FED. Esto implica que el principio de Taylor no solo es importante para garantizar un equilibrio único en los modelos de expectativas racionales, sino que parecen asociarse a periodos de estabilidad macroeconómica.

Con una visión opuesta, Orphanides (2004) argumentaba que el periodo de la gran moderación no se debió al cumplimiento del principio de Taylor, sino que la estabilidad macroeconómica fue el resultado de un coeficiente ϕ_y menor a lo establecido por Taylor

(1993). Con respecto al periodo de gran inflación en Estados Unidos a finales de los sesenta y en la década de los setenta la postura de Orphanides (2004) es que se debió a un excesivo activismo del banco central ante desviaciones del producto de su nivel potencial, contrario a la idea de Woodford (2003) y Taylor (1993: 1999). A pesar de las conclusiones de Orphanides (2004), en la actualidad se da por sentado que las reglas que cumplen el principio de Taylor son cruciales para entender los periodos de estabilidad macroeconómica.

Asumiendo que se satisface el principio de Taylor, el valor óptimo del parámetro ϕ_π en los estudios empíricos que realizan simulaciones se suele encontrar en los valores máximos de los intervalos, sin embargo, se observa que la ganancia de tener valores muy altos es pequeña y con garantizar el principio de Taylor, aumentar más el parámetro tiene efectos no significativos sobre el bienestar (Schmitt-Grohé y Uribe, 2007; Faia, 2008; Bailliu et al., 2015). Para el parámetro de la producción, los resultados son más dispersos y si resulta óptimo o no reaccionar a este parámetro y la magnitud de la reacción dependerá de las características del modelo y de la distribución de los choques exógenos. Por ejemplo, Faia y Monacelli (2007) y Schmitt-Grohé y Uribe (2007) mediante un modelo calibrado para economías cerradas encuentran que reaccionar a la brecha del producto es costoso en términos del bienestar y que las reglas que solo se enfocan en la inflación tienden a mejorar a las reglas que si incluyen la brecha del producto.

Por el contrario, Bailliu et al. (2015) estiman un modelo con datos para Canadá y encuentran que, en una regla de Taylor tradicional, el coeficiente óptimo para la producción es positivo, aunque en este caso es bajo (0.1). Este valor optimizado es robusto aun cuando se añaden variables macroprudenciales a la regla y en general, también es robusto ante diferentes choques. Nikolsko-Rzhevskyy et al. (2021) evalúan la combinación de parámetros óptimo en Estados Unidos y encuentran que depende de las especificaciones del modelo, pero por lo regular, las reglas que ponen un mayor énfasis en la inflación que en la producción son superiores, aunque se sugiere una respuesta positiva a la producción, valor que oscila en torno a 1, tanto cuando se emplea la brecha del producto como cuando se emplea la brecha del desempleo. En general, los autores encuentran que las mejores reglas

son las que ponen más énfasis en la inflación, seguido de las reglas balanceadas, y por último las reglas que enfatizan la producción sobre la inflación, que son las que peor desempeño muestran.

Como se apuntó en la sección 2.3, una de las críticas en las reglas tipo Taylor, es que recaen en el cálculo de variables latentes, es decir, se requiere conocer el PIB potencial o la tasa de interés de equilibrio. Esto ha sido analizado por algunos autores, por ejemplo, Taylor y Williams (2010) y Edge et al. (2010) comentan que cuando se realizan ejercicios controlados para conocer el efecto de utilizar una medida errónea del producto potencial sobre la regla de política monetaria óptima, se observa que las reglas sugieren darle un menor valor al coeficiente de la brecha del producto y uno mayor al de la inflación para responder. Los autores señalan que esto se debe a que darle mayor peso a la inflación y menor a la producción permite hacer frente al ruido que genera incluir una medida errónea del producto potencial. Por su parte Faia (2008) compara dos reglas, una que calcula la brecha del producto como la diferencia entre la producción y la producción potencial, y otra que emplea la brecha definida como las desviaciones de la producción de su valor del estado estacionario. En este caso, el bienestar derivado de ambas reglas es prácticamente el mismo.

Una solución que se ha sugerido al problema de variables latentes ha sido incluir variables en primeras diferencias, con este enfoque, los resultados han sido diversos. Por un lado, Schmitt-Grohé y Uribe (2007) encuentran que las reglas en primeras diferencias en la producción derivan en un nivel de bienestar prácticamente idéntico a las reglas tradicionales. Mientras que Cochrane et al. (2020), encuentra que, las reglas en primeras diferencias si supera a las reglas que dependen del cálculo de variables latentes, sobre todo en modelos nekeynesianos por la presencia de expectativas racionales.

Con relación a esto, uno de los trabajos más grandes en cuanto a la evaluación de reglas de política es el trabajo de Cúrdia et al. (2011) quienes analizan 55 reglas de política diferentes para Estados Unidos para el periodo 1987-2009 con el objetivo de determinar que regla de política se ajusta mejor a los datos en un modelo DSGE con rigideces nominales. Los autores muestran que las reglas de política que mejor se ajustan a la

experiencia de Estados Unidos son las que incluyen una medida de la brecha del producto calculada a través de filtros estadísticos en comparación con las reglas que calculan el PIB potencial teóricamente (aquel que prevalecería en la ausencia de rigideces y choques aleatorios). La conclusión que se desprende de este resultado es que el método empleado para calcular la brecha del producto es relevante no solo para derivar reglas óptimas, sino también para describir los datos.

Por otro lado, se ha encontrado que perseguir medidas alternativas de la inflación puede tener efectos favorables sobre el bienestar, entre ellos, Levin et al. (2005) estudian la política monetaria óptima para Estados Unidos de 1955 a 2001 comparando reglas con la inflación basada en precios y la inflación de salarios, ambas reglas con un componente de suavizamiento de la tasa de interés. Los ejercicios normativos muestran que las reglas que asignan un mayor peso a la inflación de salarios tienen mejores rendimientos que las reglas que se enfocan en la inflación de precios. Mientras que para la UE Adjemian et al. (2007) concluye que cuando la economía es golpeada por muchos choques a la vez, las reglas que le dan un mayor peso a la inflación de salarios que a la inflación de precios resultan mejores. Estos resultados realzan la importancia de probar medidas alternativas de la inflación diferentes a las establecidas normalmente.

Otro aspecto importante en las reglas de política es el horizonte o el timing de las variables, es decir, si se especificará una regla que solo contemple rezagos de las variables (*backward looking*), valores esperados (*forward looking*) o una mezcla. En general, se suele encontrar que las reglas que son totalmente *backward* o *forward looking* no generan ganancias sobre el bienestar, y cuanto mucho, igualan a las reglas contemporáneas (Schmitt-Grohé y Uribe, 2007; Orphanides y Williams, 2006). Inclusive, diversos autores han documentado que las reglas *forward looking* están propensas a problemas de indeterminación, con lo cual se consideran reglas difíciles de implementar (Levin et al., 2003).

Sin embargo, las reglas que son *forward looking* solo en la inflación, comúnmente denominadas como *reglas basadas en pronósticos de inflación*, se ha encontrado que tiene efectos favorables. Por ejemplo, Batini y Nelson (2001) analizan la política monetaria en

Reino Unido y encuentran que en un modelo *forward looking*, el horizonte óptimo de las expectativas de inflación en la regla de política que maximizan el bienestar es de dos trimestres, superando a las reglas que reaccionan a la inflación contemporánea, aunque horizontes más largos podrían generar el efecto contrario al aumentar la volatilidad en la inflación. Orphanides y Williams (2006) analizando el horizonte óptimo con diferentes modelos para Estados Unidos basándose en el periodo 1969-2001, señalan que, bajo ciertas condiciones, una regla que reaccione a las expectativas de inflación y persiga el rezago de la tasa de cambio del desempleo resulta idónea, sobre todo cuando se contrasta con reglas totalmente *backward looking*.

Por otra parte, diversos trabajos han comparado reglas con y sin suavizamiento de la tasa de interés, entre ellos Juillard et al. (2006) para Estados Unidos, Adjemian et al. (2007) para la UE y Faia (2008) con un modelo calibrado. En las tres investigaciones se determina que es favorable para el nivel de bienestar que la regla de política incluya un término de suavizamiento de la tasa de interés, ya que omitirlo genera una pérdida del bienestar importante en los ejercicios contrafactuales. Una excepción es Schmitt-Grohé y Uribe (2007) quienes calibran un modelo para Estados Unidos y obtienen que las reglas con suavizamiento son apenas superiores y que no existen diferencias significativas con aquellas que omiten el suavizamiento de la tasa de interés. A pesar de los resultados en Schmitt-Grohé y Uribe (2007), Taylor y Williams (2010) argumentan que una de las regularidades encontradas en la literatura sobre las características de las reglas óptimas es que son preferibles las que incluyen inercia de la tasa de interés.

En un trabajo más reciente, Benchimol y Fourçans (2019) parten del modelo de Smets y Wouters (2007) y evalúan doce reglas de política diferentes para determinar cuál de ellas genera la menor pérdida para el banco central en diferentes periodos para Estados Unidos. Los resultados muestran que, durante el periodo de gran moderación, la política monetaria óptima era la regla de Taylor tradicional (con $\phi_{\pi} = 1.5$ y $\phi_y = 0.5$), mientras que para la década de los setenta y todo el periodo de la CFG, las reglas que generaron una menor pérdida para el banco central son las que tienen como objetivo el ingreso nominal. Sin embargo, las conclusiones más importantes de estos autores es que la regla óptima de

política monetaria puede variar con base en la situación económica, para periodos de estabilidad la mejor regla podría ser diferente que para los periodos de estancamiento económico, por lo que los autores defienden que los hacedores de política deberían realizar una constante evaluación de las reglas de política.

Para el caso de economías abiertas, uno de los aspectos más importantes que se analiza en comparación al caso de economías cerradas es si incluir o no el tipo de cambio, sin dejar de lado la discusión sobre el valor óptimo de los parámetros, o los indicadores que se seleccionan para la regla de política. La discusión con respecto al tipo de cambio surge en un entorno en donde la mayoría de los bancos centrales argumentan tener un régimen de libre flotación, sin embargo, diversos estudios han demostrado que realmente siguen una flotación sucia. Un ejemplo es el trabajo de Lubik y Schorfheide (2007) quienes encuentran evidencia de que los bancos centrales reaccionan sistemáticamente a los movimientos del tipo de cambio. Los autores desarrollan una versión simplificada del modelo de economía abierta de Galí y Monacelli (2005) y analiza los bancos centrales de Australia, Canadá, Nueva Zelanda y Reino Unido, encontrando que dos de las cuatro economías analizadas (Canadá y Reino Unido), si reaccionan a movimientos de esta variable, estos resultados son relevantes ya que permiten corroborar que inclusive países con un régimen de libre flotación del tipo de cambio realizan una flotación sucia.

Este tema, sobre el papel del tipo de cambio en la política monetaria, es a los que más se le han dedicado esfuerzos. En un inicio, se comparaban reglas tipo Taylor con el régimen de tipo de cambio fijo por ejemplo los trabajos de Kollmann (2002) y Galí y Monacelli (2005). El primero calibra un modelo para Japón, Alemania y Reino Unido y el segundo lo calibra con valores estándar para una economía abierta basándose en literatura y evidencia previa. En ambos trabajos se comparan reglas tipo Taylor con el régimen de tipo de cambio fijo y muestran que este último es el régimen que genera menores niveles de bienestar. En ambos trabajos se encuentran que la regla óptima es muy similar a la que se sugiere para una economía cerrada.

En este contexto, una de las primeras visiones para economías abiertas era que la política monetaria debería ser similar a la de unas economías cerradas como obtienen

Clarida et al. (2002), Benigno y Benigno (2006) y los trabajos ya citados de Kollmann (2002) y Galí y Monacelli (2005). Los cuatro trabajos muestran que es mejor un régimen de libre flotación, y que el banco central no debería intentar estabilizar el tipo de cambio. Corsetti et al. (2010) señalan que a este resultado se le denomina como “el isomorfismo” de la política monetaria para economías abiertas con respecto a las economías cerradas, el cual suele presentarse cuando se asume un alto traspaso del tipo de cambio o un modelo de economía abierta con dos países.

Al respecto, Adolfson (2007) analiza la confección de la regla de política óptima en un entorno de pequeña economía abierta con diferentes niveles de traspaso del tipo de cambio a los precios. El autor, aún con traspaso incompleto, no encuentran mejoras en el bienestar en las reglas que contienen el tipo de cambio nominal, el tipo de cambio real o los términos de intercambio. Este resultado es robusto independientemente del nivel de traspaso del tipo de cambio. El bienestar se ve mejorado con la inserción del tipo de cambio únicamente cuando se incluye en reglas no optimizadas, es decir, con los parámetros para la inflación y la producción sugeridos por Taylor (1993).

En contraste, Faia y Monacelli (2008), encuentran evidencia en contra del isomorfismo estimando un modelo DSGE para una economía abierta con un sesgo a favor del consumo de productos nacionales. Los autores toman el enfoque de la política de Ramsey para derivar la política monetaria óptima y obtienen que, con sesgo local, es deseable que el banco central intente estabilizar el tipo de cambio, la inflación y la producción. Por su parte, De Paoli (2009) estima un modelo calibrado de una pequeña economía abierta prototípica que no tiene incidencia sobre el resto del mundo y al igual que Faia y Monacelli (2008) encuentra que un régimen de libre flotación pura no resulta óptimo cuando hay sustitución imperfecta entre los bienes comercializados con el exterior. Tanto Faia y Monacelli (2008) como De Paoli (2009), estudian la política monetaria en un contexto de pequeña economía abierta contrario a los trabajos de Clarida et al. (2002) y Benigno y Benigno (2006), quienes asumen dos economías.

Hasta este punto, solo se ha discutido sobre el papel del tipo de cambio en la confección de la política monetaria, sin discutirse el valor de los parámetros para reglas de

economías abiertas. De los autores mencionados previamente, solo Kollmann (2002) y Adolfson (2007) estiman reglas optimizadas. En el trabajo de Kollmann (2002) el autor encuentra una regla optimizada en donde se pone un énfasis fuerte en la inflación (3.01) y una débil respuesta a las desviaciones de la producción de su nivel de equilibrio (-0.01). Cuando la regla optimizada se aumenta con la tasa de depreciación nominal, no se ve un aumento en el bienestar, y la reacción optimizada para esta variable es igual a la de la producción, sugiriendo que una regla que persigue únicamente la inflación es deseable en este modelo.

Adolfson (2007) encuentran que el parámetro de respuesta a la inflación ronda el valor de 5 y la respuesta a la producción se ubica en valores superiores a 3, dependiendo el nivel de traspaso del tipo de cambio. Estos valores implican una fuerte estabilización de ambas variables, muy por encima de los valores de la regla de Taylor original. Además, los autores encuentran que, en las reglas optimizadas, se requiere un alto nivel de inercia de la tasa de interés (0.9) confirmando los hallazgos para economías cerradas con respecto al suavizamiento de la tasa de interés. Por último, el parámetro optimizado del tipo de cambio nominal se encuentra en un rango entre 0.31 y 0.05 para la tasa de depreciación y entre 2.73 y 2.27 para el tipo de cambio real, dependiendo del grado de traspaso del tipo de cambio a los precios.

Quint y Rabanal (2014) estiman un modelo de dos países (centro periferia) para la UE que incluye el sector financiero. En las simulaciones encuentran que la regla optimizada sugiere una reacción a la brecha de la producción de 0.61, con una reacción a la inflación de 5, es decir, en el valor máximo del rango establecido por los autores. El valor de reacción a la inflación es robusto inclusive cuando se añaden variables financieras a la regla, sin embargo, para el caso de la producción incluir el crecimiento del crédito en la regla provoca que deje de ser óptimo perseguir la producción. Por último, los autores encuentran que la regla optimizada debe incluir inercia de la tasa de interés, con un valor de 0.43.

Otro de los trabajos más importantes sobre economías abiertas es el modelo Ramses del banco central de Suecia desarrollado por Adolfson et al. (2008) y que en trabajos posterior Adolfson et al. (2011; 2014) utilizan para derivar la política monetaria óptima

bajo diversas medidas del PIB potencial. Una medición se toma como la tendencia estocástica de la producción y en otra se definen como la producción que prevalecería en un escenario de precios y salarios flexibles. Este modelo sigue la tradición de rigideces de precios modelados como en Calvo (1983) e incorpora bienes tanto de consumo como de inversión provenientes del extranjero, los autores estiman los parámetros del modelo con técnicas bayesianas para Suecia en el periodo 1980-2007.

El principal resultado de este trabajo es que el camino óptimo del instrumento de política monetaria es sensible a la medición de la brecha del producto, como se discutió en la sección 2.3. Este resultado es similar al de Cúrdia et al. (2011) para Estados Unidos y demuestran los problemas que podría generar el cálculo de variables latentes al momento de formular reglas de política tanto en economía abiertas como cerradas. Además, los autores obtienen que cuando el PIB potencial se mide como el PIB que prevalecería en la ausencia de rigideces nominales, se genera un menor *trade-off* para el banco central, lo que permitiría una política monetaria más expansiva.

Por otra parte, cuando se estudia la regla óptima en un contexto de economía abierta, se vuelve pertinente la elección entre la inflación de bienes producidos domésticamente y la inflación de bienes de consumo, ya que en esta última medida se incluyen los precios de bienes importados, los cuales suelen representar una parte importante de la canasta de consumo de los hogares. Retomando la obra de Galí y Monacelli (2005), al explorar ambas medidas de la inflación encuentran que es superior aquella regla que persigue la estabilidad de precios de bienes producidos domésticamente, aunque la diferencia entre ambas reglas es pequeña. Monacelli (2005) realiza el mismo ejercicio, pero incorporando traspaso incompleto del tipo de cambio a los precios y también encuentra un desempeño superior en las reglas con la inflación doméstica. En contraste, Adolfson (2007) señala que las reglas que prestan atención a la inflación de consumo suelen ser ligeramente mejores a las reglas con inflación doméstica, sin embargo, esto puede depender de los parámetros estructurales que definen las preferencias de los consumidores.

La revisión de los trabajos empíricos demuestran que confeccionar la política monetaria óptima es una tarea compleja, sin embargo, se han logrado algunas conclusiones que parecen ser robustas, como que las reglas que mejor desempeño tienen son aquellas que incluyen suavizamiento de la tasa de interés, tanto para economías abiertas como cerradas o que las mejores reglas para estabilizar las principales variables macroeconómicas dependen de la situación económica del momento y por ende las reglas de política óptimas serán diferentes en cada país. Por último, la evidencia realza la importancia de efectuar una estimación adecuada de las variables latentes, sobre todo del PIB potencial. En lo que no existe consenso aún es si una economía abierta debería incluir o no el tipo de cambio en su regla de política, sobre los coeficientes de reacción (en especial para la producción), y en el horizonte óptimo de las variables. En las siguientes secciones se busca dar respuesta a algunas de estas cuestiones.

3.2.Evidencia empíricos sobre política monetaria en México

Para el caso de México, los trabajos empíricos mediante el uso de VAR sobre política monetaria se han enfocado en identificar los mecanismos de transmisión y los cambios estructurales luego de 2001. Un trabajo pionero en el país, es el de Del Negro y Obiols-Homs (2001) quienes analizan la década de los setenta, ochenta y principios de los noventa, encontrando que la política monetaria en el país no era capaz de estabilizar la economía, dado que los choques de política monetaria no tenían efectos significativos sobre la inflación y la producción. Este resultado se posiciona a favor de la teoría del ciclo real de negocios, no obstante, Martínez *et al.* (2001), analizan el periodo 1997-2000 con datos mensuales y encuentran efectos significativos de un choque de política monetaria sobre la inflación y la brecha del producto, siendo más persistente la respuesta de la inflación, aunque los resultados del trabajo de Martínez *et al.* (2001) deben tomarse con cautela por el corto periodo de análisis.

Luego de 2001, comenzaron a proliferar los trabajos donde se analizaba la política monetaria en un nuevo escenario de inflación baja y estable, un banco central autónomo y un esquema de objetivos de inflación. Estos trabajos, contrario a los hallazgos de Del Negro y Obiols-Homs (2001), llegaron al consenso de que la política monetaria tiene efectos

significativos sobre las variables macroeconómicas de interés, tanto reales como nominales, resultados que sustentan una visión neokeynesiana de la economía. Entre estos trabajos, destaca el de Gaytán y González-García (2007), los cuales a través de un VAR con cambio de régimen concluyen que los mecanismos de transmisión de la política monetaria cambiaron significativamente luego de 2001, por lo cual, la adopción del esquema de objetivos de inflación tuvo efectos importantes en la estabilidad macroeconómica del país. Los cambios que observan los autores son un menor traspaso del tipo de cambio tanto a la inflación como a las expectativas de inflación, lo que también trajo consigo una menor respuesta de la tasa de interés nominal a las fluctuaciones del tipo de cambio, además, se observa que luego de 2001, movimientos de la tasa de interés tienen un mayor efecto sobre la inflación que durante años previos.

En una línea similar, Sidaoui y Ramos-Francia (2008) dan sustento al trabajo de Gaytán y González-García (2008) señalando el cambio de los mecanismos de transmisión en la política monetaria a partir de 2001, además, los autores incluyen en un VAR la variable crédito para analizar este mecanismo de transmisión, encontrando que el canal de crédito era de poca relevancia. Ellos argumentan que el bajo desarrollo del sistema financiero en el país explicaba este resultado, sin embargo, los autores esperaban que en años posteriores los canales de crédito de la política monetaria en México tuvieran mayor relevancia. Esta hipótesis es contrastada años después por Ibarra (2016), quien analiza el canal de crédito para México durante el periodo 2004-2013 y observa que la oferta de crédito se reduce significativamente luego de una política restrictiva por parte del banco central, generándose un efecto amplificador sobre la producción al estilo de Bernanke *et al.* (1999) y Bernanke y Gertler (1995). Además, Ibarra (2016) realiza un ejercicio con un VAR con umbral y concluye que el efecto amplificador de la política monetaria generado por el canal de crédito es más fuerte ante políticas restrictivas que expansivas, esto es, la política monetaria estaría presentando efectos no lineales sobre la producción.

Carrillo y Elizondo (2015) evalúan la capacidad de distintos tipos de VAR para describir la política monetaria en México, los autores incluyen variables relevantes para una pequeña economía abierta como la brecha del producto, la inflación, la tasa de interés nominal, el tipo de cambio y variables del exterior como la producción de Estados Unidos.

A diferencia de los trabajos anteriores, estos autores se enfocan en las fluctuaciones cíclicas, ya que además de hacer las estimaciones con la brecha del producto, también calculan la brecha de la inflación a través del filtro Hodrick-Prescott y restan la tendencia de la inflación a las variables nominales (incluida la tasa de interés de política monetaria). Los autores argumentan que al estudiar el periodo 2001 a 2014 es relevante considerar que la inflación y la tasa de interés nominal convergen a una tendencia similar, una característica importante de los esquemas de objetivos de inflación. El trabajo de Carrillo y Elizondo (2015) documentan el fenómeno del *Price puzzle*, el cual resulta de un aumento de la inflación ante un aumento de la tasa de interés nominal, resultado que es recurrente en los modelos VAR para México y otros países. Este fenómeno, como señala Balke y Emery (1994) se atribuye a las expectativas de los agentes y a un banco central con un comportamiento *forward-looking*. Por otra parte, la novedad del trabajo de Carrillo y Elizondo (2015) radica en el uso de VAR con restricciones de signo, metodología poco explorada para el caso de México, estas restricciones de signo permiten resolver el *price puzzle* que si se presenta con identificaciones estructurales tradicionales.

En años más recientes, Capistrán *et al.* (2017) estiman un VAR cointegrado estructural con el objetivo de identificar el efecto *overshooting* del tipo de cambio propuesto por Dornbusch (1976) en la economía mexicana, obteniendo que un aumento de la tasa de interés genera una apreciación rápida y fuerte para luego mostrar una depreciación paulatina, además, contrario a los resultados de autores previos como Gaytán y González-García (2007) y Sidaoui y Ramos-Francia (2008), los autores encuentran que las fluctuaciones del tipo de cambio siguen teniendo un efecto importante sobre las demás variables macroeconómicas. Este hecho se atribuye a la imposición de restricciones con sentido económico de largo plazo.

A pesar de que hay algunas diferencias en los resultados entre los trabajos de los últimos 25 años, esta literatura ha permitido un avance del conocimiento de la política monetaria en el país llegando a varios consensos, como el hecho de que luego de 2001 la política monetaria ha sido capaz de estabilizar la inflación consolidando el canal de transmisión de las expectativas y ratificando el éxito del esquema de objetivos de inflación. Además, parece haber una reducción del traspaso del tipo de cambio a los precios y a la

tasa de interés nominal (salvo el trabajo de Capistrán *et al.* (2017)) y una mayor y más rápida respuesta de la producción a la tasa de interés nominal, confirmando la no neutralidad del dinero y el *trade-off* de la política monetaria en el país.

Si bien los trabajos anteriores logran una clara identificación de los canales de transmisión de la política monetaria, los ejercicios contrafactuales evaluando el efecto de políticas alternativas a través de modelos estructurales microfundamentados son escasos. Best (2013) estima un modelo DSGE mediante técnicas bayesianas tomando como referencia el modelo de Lubik y Schorfheide (2007) de una pequeña economía abierta, con el objetivo de estimar una regla de Taylor para México durante el periodo posteriores a la crisis de 1994. Las estimaciones muestran que Banxico reacciona sistemáticamente a cambios en el tipo de cambio, lo que se conoce en la literatura como *miedo a flotar*. Este trabajo es pionero en estimar una regla de Taylor a través de modelos DSGE en el país y permite corroborar la importancia que tiene el principio de Taylor. En el estudio, durante el periodo 1995-2005, Banxico satisfacía el principio de Taylor, con un coeficiente de reacción a la inflación mayor a 1, mientras que se observa una reacción moderada a la brecha del producto (entre 0.4 y 0.5). No obstante, para el periodo 1981-1995, que corresponde a un periodo de mayor inestabilidad e inflación elevada, la regla no satisfacía el principio de Taylor con un coeficiente de solo 0.74, ratificando los resultados de Taylor (1993; 1999) y Cochrane *et al.* (2020) sobre la importancia del principio de Taylor para la estabilidad macroeconómica.

Zamarripa (2021) estima un modelo similar al de Best (2013) y Lubik y Schorfheide (2007), pero estima los parámetros a través de la metodología *rolling-windows*, para ver cómo ha evolucionado la regla de política del banco central en México durante el periodo 1995-2019 en ventanas de 10 años. El autor obtiene evidencia a favor del principio de Taylor, ya que el coeficiente de reacción a la inflación permanece estable durante todas las ventanas de análisis con un valor que ronda una media superior a 2, valor muy por encima del 1.24 obtenido por Best (2013) para el régimen 1995-2005. El parámetro de la brecha del producto tiene un promedio de 0.5, sin embargo, se observa una reducción en este valor en los últimos subperiodos, indicando que el banco central en México cada vez le da un menor peso a las desviaciones del producto de su nivel natural o potencial. Por último, Zamarripa

(2021) obtiene un evidente cambio con respecto a la reacción del banco central ante movimientos del tipo de cambio nominal, pasando de un valor de 1 durante los años noventa a valores que rondan el 0.3 de 2003 a la fecha, estos resultados son consistentes con los de Gaytán y González-García (2007) y Sidaoui Ramos-Francia (2008) quienes llegan a la misma conclusión a través del uso de Vectores Autorregresivos.

Tanto el trabajo de Best (2013) como el de Zamarripa (2007) son de carácter positivo, ambos buscan describir el comportamiento del Banco de México, sin embargo, la literatura sobre política monetaria óptima (que tiene un papel normativo) al estilo de Schmitt-Grohé y Uribe (2004; 2007), Adolfson *et al.* (2011), Cochrane *et al.* (2020), entre otros, no se ha explorado en el país. Una excepción es el trabajo de De la Peña (2021), quien evalúa reglas de Taylor que incluyen políticas macroprudenciales.⁴ El autor estima un modelo DSGE con un acelerador financiero al estilo de Bernanke *et al.* (1999) para contemplar por fricciones en el mercado financiero, luego hace ejercicios contrafactuales para analizar qué pasaría con el bienestar ante diferentes políticas ejercidas por el banco central. Se evalúa una regla de Taylor tradicional, una regla de Taylor aumentada con un término que incluye cambios en el crédito nominal (contemplando políticas macroprudenciales) y un tercer régimen en donde se tiene por separado una regla de Taylor y un instrumento adicional para el objetivo de políticas macroprudenciales, esto es, a diferencia del segundo régimen, aquí no se incluye la política macroprudencial en la regla de Taylor, sino que se lleva a cabo con otro instrumento.

Los resultados de la investigación de De la Peña (2021) corroboran el cumplimiento de la regla de Tinbergen (1952), esta regla plantea que se necesita al menos un instrumento de política para cada objetivo. El ejercicio contrafactual de De la Peña (2021) muestra que el régimen que genera mayor bienestar es en donde usa un instrumento (tasa de interés) para mantener la estabilidad de precios y otro diferente para cuidar la estabilidad del

⁴ Las políticas macroprudenciales son aquellas que persiguen la estabilidad del sistema financiero, por ejemplo, mantener una expansión del crédito moderada y evitar los riesgos sistémicos derivados de grandes instituciones financieras, para una descripción detallada de políticas macroprudenciales véase Forbes (2019) y Gertler *et al.* (2020).

sistema financiero, sin embargo, la inclusión de políticas macroprudenciales contribuye de manera importante a estabilizar la economía. De la Peña (2021) encuentra un parámetro optimizado para la inflación de 1.76 en la regla de Taylor normal (es decir, solo con la inflación y producción) y en torno a 1.4 en las reglas con políticas macroprudenciales, sin embargo, no optimizan el valor de reacción a la producción ni al término de suavizamiento.

4. EL MODELO

Evaluar el efecto que tienen diferentes reglas de política monetaria sobre el bienestar de la sociedad, requiere usar métodos que escapen a la crítica de Lucas, esto es, se requiere estimar parámetros estructurales (que son invariantes ante cambios de política económica). Para sobreponerse a este problema, la literatura que evalúa regímenes de política económica alternativos ha empleado modelos DSGE (una discusión más detallada se encuentra en la sección 3), los cuales parten de microfundamentos y, por lo tanto, sus parámetros son estructurales (Christiano *et al.*, 2010). Por este motivo, para abordar el objetivo central del presente trabajo, se estimó un modelo DSGE de economía abierta para México. El modelo que se describe en esta sección es un modelo neokeynesiano (rigideces de precios), con traspaso incompleto del tipo de cambio al estilo de Monacelli (2005), Galí y Monacelli (2005) y Adolfson *et al.* (2007), A continuación, se muestran la descripción general del modelo y las condiciones más importantes.

4.1.Hogares

Existe un continuo de hogares indexados en la unidad $j \in [0,1]$, los cuales buscan maximizar su utilidad que depende del consumo, C_t , y de las horas trabajadas, L_t , (por las cuales reciben un salario, W_t) sujetos a una restricción presupuestaria. Estos hogares poseen el capital (K_t) que rentan a las empresas intermedias y por el cual reciben un pago (R_t^k). Además del consumo y el trabajo, en cada periodo los hogares deciden la cantidad de recursos que destinarán a la inversión de nuevo capital (I_t) y a la compra de bonos extranjeros (B_t^*) y nacionales (B_t). La función de utilidad intertemporal que maximiza el agente representativo es la siguiente:

$$E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\xi_t \log(C_t) - \vartheta \frac{L_{j,t}^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right] \quad (16)$$

En donde β es el factor de descuento, φ es el coeficiente que mide la des-utilidad marginal del trabajo, ϑ es un parámetro que mide la preferencia por el ocio y que garantiza que en el estado estacionario las horas trabajadas normalizadas en la unidad sean igual a un tercio (8 horas trabajadas en promedio) y ξ_t es un choque de preferencias autorregresivo de

la forma $\log(\xi_t) = \rho_\xi \log(\xi_{t-1}) + \mu_{\xi,t}$ con $\mu_{\xi,t} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\xi^2)$. Esta función de utilidad logarítmica en el consumo es ampliamente usada en la literatura debido a que posee ciertas propiedades, entre las más importantes es que la función es al menos dos veces diferenciable en sus argumentos, la primera derivada con respecto al consumo es $U_C > 0$, mientras que con respecto al trabajo es $U_L < 0$ y las segundas derivadas son $U_{CC} < 0$ y $U_{LL} < 0$, lo que la hace que la función sea cóncava (Costa, 2016), además, cuando C_t tiende a infinito, U_C tiende a cero y cuando C_t tiende a cero, U_C tiende a infinito. Los agentes maximizan dicha función de utilidad sujeta a la siguiente restricción presupuestaria:

$$P_t^C C_{j,t} + P_t^I I_{j,t} + S_t B_{j,t+1}^* + B_{j,t+1} \leq W_t L_{j,t} + R_{t-1} B_{j,t} + \Phi_{t-1} S_t R_{t-1}^* B_{j,t}^* + R_t^K K_{j,t} \quad (17)$$

y a la ley del movimiento del capital:

$$K_{j,t+1} = (1 - \delta) K_{j,t} + \varrho_t \left[1 - \frac{\chi}{2} \left(\frac{I_{j,t}}{I_{j,t-1}} - 1 \right)^2 \right] I_{j,t} \quad (18)$$

En estas expresiones, P_t^C y P_t^I son los precios de los bienes de consumo e inversión respectivamente, S_t es el tipo de cambio nominal, mientras que R_t y R_t^* son la tasa de interés local y extranjera que pagan los bonos, ambas nominales y en términos brutos. Por su parte, Φ_t es una prima de riesgo que está en función del nivel de endeudamiento del país ($fa_t = S_t B_t^* / P_t$) y de un choque aleatorio autorregresivo $\phi_t = \rho_\phi \phi_{t-1} + \mu_{\phi,t}$ con $\mu_{\phi,t} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\phi^2)$. Como mencionan Schmitt-Grohé y Uribe (2003) y McCandless (2008), en modelos de economía abierta con acceso a bonos internacionales, es necesario incluir mecanismos como una prima de riesgo para garantizar la existencia de un estado estacionario y que no se generen dinámicas explosivas.

Por otra parte, en la ley de movimiento del capital, se agregan costos de ajuste cuadráticos en la inversión como en Fernández-Villaverde (2010), esta práctica es común en modelos de economía abierta porque permite reducir la volatilidad del capital observada en el modelo y que sea parecida a la volatilidad observada en los datos (Uribe y Schmitt-Grohé, 2017). En la expresión (18) δ es la tasa de depreciación y χ es el parámetro que mide la sensibilidad de la inversión a dichos costos de ajuste, mientras que ϱ_t es un proceso

autorregresivo que evoluciona de acorde a la expresión $\log(q_t) = \rho_\xi \log(q_{t-1}) + \mu_{q,t}$ con $\mu_{q,t} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_q^2)$ y que refleja cambios en la calidad del capital.

En resumen, la expresión (17) dicta el patrón de ingreso-gasto de los hogares, el lado derecho refleja los ingresos que obtienen en el periodo t , los cuales provienen del salario, los dividendos de los bonos (nacionales y extranjeros) adquiridos en el periodo anterior y del pago por la renta del capital. Por su parte, el lado izquierdo muestra el gasto efectuado en el periodo t , los hogares compran bienes de consumo e inversión y adquieren bonos que pagarán dividendos en el periodo $t + 1$.

Una vez analizado el problema de optimización de los hogares y antes de obtener las condiciones de primero orden, es necesario aclarar la composición de las canastas de bienes. Al ser una economía abierta, los hogares tienen acceso a productos importados y, por ende, las funciones agregadas de consumo e inversión son un promedio ponderado entre bienes producidos domésticamente y bienes del exterior. Esta agregación se realiza mediante una función de Elasticidad de Sustitución Constante (CES por sus siglas en inglés) como es convencional en la literatura de economía abierta (Adolfson *et al.*, 2007; Faia y Monacelli, 2008; Corsetti *et al.*, 2010; Galí, 2015), estas funciones se muestran a continuación:

$$C_t = [(1 - \omega_c)^{1/\epsilon_c} (C_t^d)^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} + \omega_c^{1/\epsilon_c} (C_t^m)^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c}]^{\epsilon_c/(\epsilon_c-1)} \quad (19)$$

$$I_t = [(1 - \omega_i)^{1/\epsilon_i} (I_t^d)^{(\epsilon_i-1)/\epsilon_i} + \omega_i^{1/\epsilon_i} (I_t^m)^{(\epsilon_i-1)/\epsilon_i}]^{\epsilon_i/(\epsilon_i-1)} \quad (20)$$

En donde ω_k con $k = c, i$, representa la proporción de bienes de consumo e inversión importados sobre el total, ϵ_k es la elasticidad de sustitución entre bienes nacionales y extranjeros, mientras que los superíndices d y m denotan productos domésticos e importados respectivamente. Los hogares compran los bienes domésticos (tanto de consumo como de inversión) a las empresas del sector final a un precio P_t y compran a las empresas importadoras los bienes externos a un precio P_t^{mc} para los bienes de consumo y a un precio P_t^{mi} para los de inversión, por tanto, las restricciones de gasto son $P_t^c C_t = P_t C_t^d + P_t^{mc} C_t^m$ y $P_t^i I_t = P_t I_t^d + P_t^{mi} I_t^m$. El proceso de maximización de las

ecuaciones (19) y (20) sujeto a estas estricciones lleva a la siguiente asignación eficiente de recursos entre bienes domésticos e importados:⁵

$$C_t^d = (1 - \omega_c) \left(\frac{P_t^c}{P_t} \right)^{\epsilon_c} C_t \quad C_t^m = \omega_c \left(\frac{P_t^c}{P_t^{mc}} \right)^{\epsilon_c} C_t \quad (21)$$

$$I_t^d = (1 - \omega_i) \left(\frac{P_t^i}{P_t} \right)^{\epsilon_i} I_t \quad I_t^m = \omega_i \left(\frac{P_t^i}{P_t^{mi}} \right)^{\epsilon_i} I_t \quad (22)$$

lo cual implica que la asignación de los hogares dependerá del parámetro ω_k , la elasticidad de sustitución y los precios relativos. La agregación del consumo y la inversión mediante una función CES implica que P_t^c y P_t^i sean determinados como un promedio entre el nivel de precios de los bienes domésticos y del precio de los bienes importados de la forma:

$$P_t^k = [(1 - \omega_k)(P_t)^{1-\epsilon_k} + \omega_k(P_t^{mk})^{1-\epsilon_k}]^{1/(1-\epsilon_k)} \quad (23)$$

Una vez descrita la composición agregada del consumo y la inversión, para obtener las condiciones de primer orden a través del enfoque del lagrangiano, se emplea el supuesto de agentes homogéneos o agente representativo, con lo cual, sea $X_{j,t}$ cualquier variable asociada a un individuo j , esta se puede expresar en términos agregados como $X_t = \int_0^1 X_{j,t} dj$. Por tanto, el problema de maximización de utilidad de los hogares se resume en la siguiente expresión agregada:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t & \left[\left(\xi_t \log(C_t) - \vartheta \frac{L_t^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right) \right. \\ & - \frac{\lambda_t}{P_t} (P_t^c C_t + P_t^i I + S_t B_{t+1}^* + B_{t+1} - W_t L_t - R_{t-1} B_t \\ & - \Phi_{t-1} S_t R_{t-1}^* B_t^* - R_t^k K_t) \\ & \left. - \frac{Q_t}{P_t} \left(K_{t+1} - (1 - \delta) K_t + \varrho_t \left[1 - \frac{\chi}{2} \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} - 1 \right)^2 \right] I_t \right) \right] \end{aligned} \quad (24)$$

⁵ El procedimiento para obtener las ecuaciones (23) y (24) se presenta en los anexos, en el apartado (A.2).

En esta ecuación, λ_t y Q_t son los multiplicadores nominales que son deflactados mediante el nivel general de precios P_t . El uso de los multiplicadores reales se emplea para obtener precios relativos y garantizar que el modelo sea estacionario. Las Condiciones de Primer Orden (CPO) son las siguientes:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_t}: \quad \xi_t C_t^{-1} = \frac{P_t^c}{P_t} \lambda_t \quad (25)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial L_t}: \quad \vartheta L_t^\varphi = \lambda_t \frac{W_t}{P_t} \quad (26)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial B_{t+1}}: \quad \frac{E_t \lambda_{t+1}}{\lambda_t} = \beta \frac{R_t}{E_t \Pi_{t+1}} \quad (27)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial B_{t+1}^*}: \quad \frac{E_t \lambda_{t+1}}{\lambda_t} = \beta \Phi_t E_t \left[\frac{R_t^*}{\Pi_{t+1}} dS_{t+1} \right] \quad (28)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial K_{t+1}}: \quad q_t = \beta E_t [\lambda_{t+1} R_{t+1}^k + (1 - \delta) q_{t+1}] \quad (29)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial I_t}: \quad \lambda_t \frac{P_t^i}{P_t} = & q_t \varrho_t E_t \left[\left(1 - \frac{\chi}{2} \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} - 1 \right)^2 - \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} - 1 \right) \chi \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \right. \\ & \left. + \beta \chi q_{t+1} \varrho_t \left(\frac{I_{t+1}}{I_t} \right)^2 \left(\frac{I_{t+1}}{I_t} - 1 \right) \right] \end{aligned} \quad (30)$$

Con $\Pi_t = P_t/P_{t-1}$ y $dS_t = S_t/S_{t-1}$ como la inflación (bruta) y la tasa de cambio (bruta) del tipo de cambio respectivamente. La ecuación (29) representa la elección óptima del stock de capital, en donde se define a q_t como el multiplicador real de la segunda restricción ($q_t = Q_t/P_t$), mientras que la expresión (30) determina la elección óptima del nivel de inversión considerando costos de ajuste cuadráticos. Por otra parte, juntando las ecuaciones (25) y (26) se obtiene la expresión tradicional de elección consumo-trabajo:

$$\vartheta C_t L_t^\varphi = \frac{W_t}{P_t^c} \quad (31)$$

la cual implica que la tasa marginal de sustitución entre C_t y L_t iguala a sus precios relativos.⁶ Además, mediante la ecuación (25) y (27) se llega a la siguiente ecuación de Euler:⁷

$$C_t = \frac{1}{\beta} E_t \left[\frac{\Pi_{t+1}^c}{R_t} C_{t+1} \right] \quad (32)$$

que indica que los hogares comprarán bonos hasta que la utilidad marginal en el periodo t , sea igual a la utilidad marginal del periodo $t+1$ descontada por la tasa de interés y el factor de descuento. Log-linealizando la ecuación (32) y asumiendo que $Y_t = C_t$ se obtiene una expresión similar a la curva IS neokeynesiana como la expresión (2) de secciones anteriores. Adicionalmente, igualando la ecuación (27) y (28), se obtiene la paridad descubierta de tasas de interés ajustada por prima de riesgo:

$$\frac{R_t}{R_t^*} = \Phi_t E_t dS_{t+1} \quad (33)$$

Log-linealizando la ecuación (33), se obtiene una expresión en tasas netas (para porcentajes pequeños de las variables) como es común encontrarla en la literatura. Siguiendo a Adolfson *et al.* (2007), la prima de riesgo genera que entre más endeudado esté un país, más tendrá que pagar por los préstamos en el exterior, mientras que, si el país es un acreedor neto, los bonos externos pagarán un menor rendimiento. Como ya se mencionó este término garantiza la existencia de un estado estacionario, sin embargo, existen otras alternativas para garantizar el equilibrio en modelos de economía abierta que se discuten a profundidad en Schmitt-Grohé y Uribe (2003) y que no dependen de una prima de riesgo.

⁶ En (31) y (32) se asumió que ξ_t permanece en su valor del estado estacionario para mostrar de manera simple las ecuaciones.

⁷ De la ecuación (25) se sabe que $\frac{\lambda_t}{P_t} = \frac{C_t^{-1}}{P_t^c}$ y por tanto $\frac{\lambda_{t+1}}{P_{t+1}} = \frac{C_{t+1}^{-1}}{P_{t+1}^c}$, sustituyendo estas expresiones en (27) se obtiene la ecuación (32).

4.2. Empresas

La distribución del sector productivo es similar a la de Adolfson *et al.* (2007; 2008), existen 4 tipos de empresas en el modelo, empresas de bienes finales, de bienes intermedios, empresas importadoras y empresas exportadoras. Las empresas del sector final compiten en un mercado de competencia perfecta y venden bienes homogéneos de consumo e inversión a los hogares, para ello, compran bienes diferenciados del sector de empresas intermedias, los cuales agregan y homogenizan mediante una tecnología CES. Por su parte, las empresas intermedias, al producir un bien diferenciado, participan en un mercado de competencia monopolística y por ende son fijadoras de precio. El supuesto de competencia monopolística permite añadir rigideces de precio al modelo mediante el mecanismo de fijación de precios a la Calvo (1983). El tercer sector, está conformado por empresas importadoras que compran bienes homogéneos de consumo e inversión en el exterior, que luego diferencian y agregan mediante una función CES para vender al consumidor final. Al igual que las empresas del sector intermedio, las empresas importadoras también son fijadoras de precio y enfrentan rigideces de precios, por lo que el traspaso del tipo de cambio al nivel de precios es incompleto. Por último, se asume la existencia de un sector exportador, en el cual las empresas compran el bien doméstico que es homogéneo y lo diferencian para luego venderlo en el exterior, todo esto sujeto al mismo mecanismo de fijación de precios de Calvo.

4.2.1. Empresas del sector final

El papel en el modelo de las empresas de bienes finales es agregar los bienes diferenciados del sector intermedio, este bien diferenciado es el único insumo del sector final, el cual logran agregar y homogenizar mediante el agregador Dixit-Stiglitz que parte de una tecnología CES (Dixit y Stiglitz, 1977) y que ha sido adoptado como herramienta central en los modelos DSGE. El agregador es el siguiente:

$$Y_t = \left(\int_0^1 Y_{j,t}^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} dj \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}} \quad (34)$$

Con ϵ como la elasticidad de sustitución entre las variedades de bienes intermedios, Y_t como la producción del sector final y $Y_{j,t}$ reflejando la producción individual de la empresa intermedia j , con $j \in [0,1]$. El sector de bienes finales es de competencia perfecta, por ende, el precio del bien final se considera dado y se representa como P_t , mientras que el precio de cada insumo es $P_{j,t}$ y también se considera dado, por lo que el proceso de maximización de beneficios es:

$$\max P_t Y_t - \int_0^1 P_{j,t} Y_{j,t} dj \quad (35)$$

Derivando (35) con respecto a $Y_{j,t}$ y sujeto a (34) se obtiene la siguiente demanda del sector final de cada una de las variedades de bienes intermedios:

$$Y_{j,t} = \left(\frac{P_{j,t}}{P_t} \right)^{-\epsilon} Y_t \quad (36)$$

Los pasos para llegar a esta expresión se muestran en los anexos, sin embargo, como a lo largo del modelo se trabaja con funciones de agregación CES, cada que se muestra una función de demanda como (36), el procedimiento matemático para obtenerla es análogo al de esta expresión.

4.2.2. Empresas intermedias

Como ya se mencionó, cada empresa intermedia produce un bien diferenciado, el cual es vendido a las empresas que producen el bien final. La ecuación (36) representa la demanda que enfrenta cada una del continuo de empresas en este sector. Las empresas intermedias utilizan capital y trabajo mediante una tecnología Cobb-Douglas para producir una unidad, de tal forma que:

$$Y_{j,t} = A_t K_{j,t}^\alpha L_{j,t}^{1-\alpha} - \varpi \quad (37)$$

En donde $Y_{j,t}$, como antes, es la producción por firma, A_t es un choque de productividad autorregresivo común para todas las empresas que toma la forma $\ln(A_t) = \rho_A \ln(A_{t-1}) + \mu_a$ con $\mu_a \sim \mathcal{N}(0, \sigma^A)$, α es la proporción de capital empleada en la

producción y ϖ son costos fijos que aseguran que en el estado estacionario las ganancias sean cero, lo cual permite que, en el proceso de agregación, la oferta iguale a la demanda. La maximización de ganancias de las empresas intermedias lleva a las siguientes funciones de demanda de los factores productivos:

$$r_t^k = \alpha mc_t \frac{Y_t}{K_t} \quad (38)$$

$$w_t = (1 - \alpha) mc_t \frac{Y_t}{L_t} \quad (39)$$

Con $r_t^k = R_t^k/P_t$ y $w_t = W_t/P_t$ y en donde se hizo uso del supuesto de empresas homogéneas (con la misma tecnología) para eliminar el subíndice j . Estas expresiones implican que el pago real de los factores iguala a sus productividades marginales, resultado que se obtiene debido al supuesto de competencia perfecta en el mercado de insumos. A partir de una función de producción Cobb-Douglas, es posible demostrar que los costos marginales reales son:

$$mc_t = \frac{1}{A_t} \left(\frac{w_t}{1 - \alpha} \right)^{1-\alpha} \left(\frac{r_t^k}{\alpha} \right)^\alpha \quad (40)$$

Una vez determinada la demanda de factores productivos, el siguiente paso para la empresa intermedia es elegir el precio óptimo. En este paso, para añadir rigideces de precios al estilo de Calvo (1983), se asume que con probabilidad θ una empresa no va a poder elegir su precio óptimamente en un periodo dado, mientras que con probabilidad $(1 - \theta)$ si podrá optimizarlo. Las empresas que no logran elegir el precio óptimo (definido como $\bar{P}_{j,t}$), lo indexarán con base en la inflación del periodo anterior en una proporción determinada por el parámetro $\chi_d \in [0,1]$, esto es, si una empresa elige un precio $\bar{P}_t$, y no puede actualizarlo en los siguientes s periodos, su precio en el periodo $t+s$ será $\prod_{\tau=0}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \bar{P}_t$. La empresa que, si logra optimizar sus precios en un periodo determinado, sabe que con cierta probabilidad no va a poder actualizarlos de manera óptima en los siguientes s periodos, lo cual toma a consideración en su maximización de ganancias incluyendo la probabilidad θ^s , dando lugar a la siguiente función de beneficios intertemporal:

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\Lambda_{t,t+s} Y_{j,t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \bar{P}_{j,t} - P_{t+s} MC_{t+s} \right) \right] \quad (41)$$

Sujeto al flujo de demanda

$$Y_{j,t+s} = \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \frac{P_{j,t}}{P_{t+s}} \right)^{-\epsilon} Y_{t+s} \quad (42)$$

Donde $\beta^s \Lambda_{t,t+s}$ representa el factor de descuento estocástico en términos reales que está dado por $\beta^s \Lambda_{t,t+i} = \beta^s \frac{\lambda_{t+s}}{\lambda_t} \frac{P_t}{P_{t+s}}$, y se incluye para traer a presente el flujo ganancias futuras con base en la utilidad de los hogares, quienes son los dueños de las empresas. En otras palabras, se puede interpretar como la tasa marginal de sustitución intertemporal entre el consumo en el periodo t y en el periodo $t + s$ (Christiano *et al.*, 2010; Cochrane, 2005). Mientras que $P_{t+s} MC_{t+s}$ se interpreta como el costo marginal nominal, que es idéntico para todas las empresas (por lo tanto, no depende de j). Tomando las condiciones de primer orden con respecto a $\bar{P}_{j,t}$ se logra:

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\Lambda_{t,t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \frac{\bar{P}_{j,t}}{P_{t+s}} \right)^{-\epsilon} Y_{t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \bar{P}_{j,t} - \frac{\epsilon}{\epsilon-1} P_{t+s} MC_{t+s} \right) \right] = 0 \quad (43)$$

Ordenando los términos y despejando para $\bar{P}_{j,t}$ se obtiene la ecuación estándar de fijación de precios de Calvo:

$$\bar{P}_{j,t} = \frac{\epsilon E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\Lambda_{t,t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \right)^{-\epsilon} P_{t+s}^{1+\epsilon} MC_{t+s} Y_{t+s} \right]}{(\epsilon-1) E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\Lambda_{t,t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \right)^{1-\epsilon} P_{t+s}^{\epsilon} Y_{t+s} \right]} \quad (44)$$

De la ecuación anterior, cuando $\theta = 0$, no existen rigideces de precios y por lo tanto el nivel de precios óptimo colapsa a la expresión $\bar{P}_{j,t} = \frac{\epsilon}{\epsilon-1} P_t MC_t$, en donde $\frac{\epsilon}{\epsilon-1}$ se interpreta como el *mark up* bruto óptimo o deseado en un entorno de precios flexibles (Galí, 2015), mientras que cuando ϵ tiende a infinito se replica el resultado de competencia perfecta $\bar{P}_{j,t} = P_t MC_t$ (recordando que $P_t MC_t$ se interpreta como el costo marginal nominal). Para obtener el nivel agregado de precios, a partir de (34) y (36) se puede demostrar que:

$$P_t = \left(\int_0^1 P_{j,t}^{1-\epsilon} dj \right)^{\frac{1}{1-\epsilon}} \quad (45)$$

y recordando que del continuo de empresas intermedias que forman la unidad, una proporción determina sus precios óptimamente y el resto indexa sus precios con base en inflación del periodo anterior, (45) se puede expandir como:

$$P_t^{1-\epsilon} = \int_0^\theta (\Pi_{t-1}^{\chi_d} P_{t-1})^{1-\epsilon} dj + \int_\theta^1 \bar{P}_t^{1-\epsilon} dj \quad (46)$$

$$P_t = \left[\theta (\Pi_{t-1}^{\chi_d} P_{t-1})^{1-\epsilon} + (1-\theta) \bar{P}_t^{1-\epsilon} \right]^{\frac{1}{1-\epsilon}} \quad (47)$$

Por lo tanto, el nivel de precios de bienes producidos domésticamente es un promedio (ponderado por θ) entre el nivel de precios óptimo y el nivel de precios del periodo anterior ajustado por la inflación. Combinando la ecuación (44) con (47) y log-linealizando alrededor del estado estacionario, se llega a la curva de Phillips neokeynesiana tradicional (ver ecuación (1)). Sin embargo, al plantearse un modelo no lineal, para poder resolver la ecuación (44) que incluye sumatorias al infinito, se generan dos variables auxiliares que permiten resolver el sistema recursivamente, el procedimiento se presenta en el anexo (A.3).

4.2.3. Empresas importadoras

Existen dos tipos de empresas importadoras, aquellas que importan bienes de consumo y las que importan bienes de inversión, ambas adquieren un bien homogéneo en el exterior a un precio internacional dado (P_t^*) y crean un bien diferenciado que luego venden a los hogares, por lo tanto, el costo marginal nominal denominado en moneda nacional de las empresas importadoras es $S_t P_t^*$. Las demandas individuales que enfrentan son las siguientes:

$$C_{j,t}^m = \left(\frac{P_{j,t}^{mc}}{P_t^{mc}} \right)^{-\epsilon_{mc}} C_t^m \quad (48)$$

$$I_{j,t}^m = \left(\frac{P_{j,t}^{mi}}{P_t^{mi}} \right)^{-\epsilon_{mi}} I_t^m \quad (49)$$

La elasticidad de sustitución entre variedades de bienes importados es ϵ_{mc} para los bienes de consumo y ϵ_{mi} para los de inversión. Al igual que en el sector intermedio, se asume que las empresas enfrentan rigideces de precio de Calvo, por lo que saben que con cierta probabilidad θ_{mk} con $k = c, i$, no podrán actualizar sus precios y los indexarán con la inflación del periodo anterior en una proporción χ_{mk} . La empresa que sea capaz de fijar un nuevo precio libremente ($\bar{P}_t^{mk}$) maximizará su función de ganancias intertemporal:

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \theta_{mc})^s \left[\Lambda_{t,t+s} C_{j,t+s}^m \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_{mc}} \bar{P}_{j,t}^{m,c} - S_{t+s} P_{t+s}^* \right) \right] \quad (50)$$

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \theta_{mi})^s \left[\Lambda_{t,t+s} I_{j,t+s}^m \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_{mi}} \bar{P}_{j,t}^{m,i} - S_{t+s} P_{t+s}^* \right) \right] \quad (51)$$

Sujeto a los flujos de demandas

$$C_{j,t+s}^m = \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_{mc}} \frac{P_{j,t}^{mc}}{P_{t+s}^{mc}} \right)^{-\epsilon_{mc}} C_t^m \quad (52)$$

(53)

$$I_{j,t+s}^m = \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_{mi}} \frac{P_{j,t}^{mi}}{P_{t+s}^{mi}} \right)^{-\epsilon_{mi}} I_{t+s}^m$$

Derivando con respecto a $\bar{P}_{t,j}^{m,k}$ y reordenando términos se llega a las siguientes ecuaciones:⁸

$$\bar{P}_{j,t}^{mc} = \frac{\epsilon_{mc} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \theta_{mc})^s \left[\Lambda_{t,t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+s-1}^{\chi_{mc}} \right)^{-\epsilon_{mc}} C_{t+s}^m \psi_{t+s}^{mc} (P_{t+s}^{mc})^{1+\epsilon_{mc}} \right]}{(\epsilon_{mc} - 1) E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \theta_{mc})^s \left[\Lambda_{t,t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+s-1}^{\chi_{mc}} \right)^{1-\epsilon_{mc}} C_{t+s}^m (P_{t+s}^{mc})^{\epsilon_{mc}} \right]} \quad (54)$$

$$\bar{P}_{j,t}^{mi} = \frac{\epsilon_{mi} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \theta_{mi})^s \left[\Lambda_{t,t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+s-1}^{\chi_{mi}} \right)^{-\epsilon_{mi}} I_{t+s}^m \psi_{t+s}^{mi} (P_{t+s}^{mi})^{1+\epsilon_{mi}} \right]}{(\epsilon_{mi} - 1) E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \theta_{mi})^s \left[\Lambda_{t,t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+s-1}^{\chi_{mi}} \right)^{1-\epsilon_{mi}} I_{t+s}^m (P_{t+s}^{mi})^{\epsilon_{mi}} \right]} \quad (55)$$

En este paso, se define a $\psi_t^{mk} = S_t P_t^* / P_t^{mk}$ como el costo marginal real. Al igual que antes si $\theta_{mk} = 0$ no habrá rigideces de precio y $\bar{P}_t^{mk} = \frac{\epsilon_{mk}}{\epsilon_{mk}-1} \psi_t^{mk} P_t^{mk} = \frac{\epsilon_{mk}}{\epsilon_{mk}-1} S_t P_t^*$. Añadir precios rígidos en el sector de empresas importadoras, implica que existe un traspaso incompleto del tipo de cambio a los precios y por tanto se rompe la ley del precio único ($\psi_t^{mk} \neq 1$) (Monacelli, 2005; Adolfson *et al.*, 2007). Por su parte, las funciones de los precios de bienes importados son las siguientes:

$$P_t^{mc} = \left[\theta_{mc} (\Pi_{t-1}^{\chi_{mc}} P_{t-1}^{mc})^{1-\epsilon_{mc}} + (1 - \theta_{mc}) (\bar{P}_t^{mc})^{1-\epsilon_{mc}} \right]^{\frac{1}{1-\epsilon_{mc}}} \quad (56)$$

⁸ La derivación matemática de las expresiones para las empresas de sectores importadores y exportadores es similar a la del sector de empresas intermedias, por tanto, se omiten algunos pasos algebraicos para estos dos sectores.

$$P_t^{mi} = \left[\theta_{mi} (\Pi_{t-1}^{X_{m,i}} P_{t-1}^{mi})^{1-\epsilon_{mi}} + (1 - \theta_{mi}) (\bar{P}_t^{mi})^{1-\epsilon_{mi}} \right]^{\frac{1}{1-\epsilon_{mi}}} \quad (57)$$

Similar al mecanismo presente en el sector intermedio, el nivel de precios de bienes importados es un promedio entre los precios óptimos y el nivel de precios del periodo anterior indexados a la inflación.

4.2.4. Empresas exportadoras

Las empresas exportadoras compran el bien doméstico homogéneo (Y_t) y lo diferencian para luego exportarlo en forma de bienes de consumo y de inversión, por lo tanto, su costo marginal nominal en términos de la moneda externa es P_t/S_t , con lo cual el costo marginal real se expresa como $\psi_t^x = P_t/S_t P_t^x$ (Monacelli, 2005). Siguiendo a Adolfson et al. (2007) se supone que en el exterior la demanda de los hogares sigue una función CES, por ende, las demandas agregadas de exportación son:

$$C_t^x = \left(\frac{P_t^x}{P_t^*} \right)^{-\epsilon_f} C_t^* \quad (58)$$

$$I_t^x = \left(\frac{P_t^x}{P_t^*} \right)^{-\epsilon_f} I_t^* \quad (59)$$

Con P_t^x como el precio agregado de los bienes de exportación en términos de la moneda extranjera y P_t^* el precio de los bienes en el exterior. Para simplificar el análisis, y como resultado del supuesto de pequeña economía abierta, se asume que en el exterior $Y_t^* = C_t^* + I_t^*$, con lo cual, a partir de las expresiones (58) y (59) se obtiene:

$$Y_t^* = \left(\frac{P_t^x}{P_t^*} \right)^{\epsilon_f} C_t^x + \left(\frac{P_t^x}{P_t^*} \right)^{\epsilon_f} I_t^x \quad (60)$$

Finalmente, se define una nueva variable $X_t = C_t^x + I_t^x$, que agrupa las exportaciones de bienes de consumo e inversión y que representa la función de demanda

agregada externa total. Empleando las igualdades anteriores, esta demanda total se puede representar como:

$$X_t = C_t^x + I_t^x = \left(\frac{P_t^x}{P_t^*} \right)^{-\epsilon_f} Y_t^* \quad (61)$$

Con esto en mente, a nivel firma y de manera análoga a las secciones anteriores, la demanda individual de la empresa exportadora será:

$$X_{j,t} = \left(\frac{P_{j,t}^x}{P_t^x} \right)^{-\epsilon_f} X_t \quad (62)$$

Una vez determinada la demanda individual, el proceso de maximización de ganancias con rigideces a la Calvo se expresa como:

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \theta_x)^s \left[\Lambda_{t,t+s} X_{j,t} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_x} \bar{P}_{j,t}^x - \frac{P_{t+s}}{S_{t+s}} \right) \right] \quad (63)$$

En la expresión anterior, θ_x es la probabilidad de no actualizar los precios para una empresa exportadora. Tomando la derivada de (63) con respecto a $\bar{P}_{j,t}^x$ sujeto a la demanda intertemporal:

$$X_{j,t+s} = \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_x} \frac{P_{j,t}^x}{P_{t+s}^x} \right)^{-\epsilon_f} X_{t+s} \quad (64)$$

Se obtiene:

$$\bar{P}_{j,t}^x = \frac{\epsilon_x E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \theta_x)^s \left[\Lambda_{t,t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_x} \right)^{-\epsilon_x} Y_{t+s}^* \psi_{t+s}^x (P_{t+s}^x)^{1+\epsilon_x} \right]}{(\epsilon_x - 1) E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta \theta_x)^s \left[\Lambda_{t,t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_x} \right)^{1-\epsilon_x} Y_{t+s}^* (P_{t+s}^x)^{\epsilon_x} \right]} \quad (65)$$

con la evolución del precio de las exportaciones como:

$$P_t^x = \left[\theta_x (\Pi_{t-1}^{xx} P_{t-1}^x)^{1-\epsilon_f} + (1 - \theta_x) (\bar{P}_t^x)^{1-\epsilon_f} \right]^{\frac{1}{1-\epsilon_f}} \quad (66)$$

4.3. Banco central

En secciones previas, se analizó la importancia de las reglas de política que se basan en alguna tasa de interés nominal de corto plazo por parte del banco central, y se argumentó que hubo un abandono de los saldos monetarios como herramienta de política monetaria debido a que la demanda de dinero resultó ser muy volátil (Vines y Wills, 2018). Al excluir reglas que hagan uso de los agregados monetarios, es posible plantear una economía sin dinero. Woodford (2003) en el capítulo 3 del libro “*Interest and Prices*” menciona las ventajas de analizar la política monetaria en una economía sin dinero, además, el autor demuestra que incluir explícitamente el dinero en los modelos, tiene efectos menores en la confección de la política monetaria óptima. A partir de las conclusiones de Woodford (1998; 2003), gran parte de la literatura asumió una economía sin dinero centrándose solo en reglas de tasas de interés nominal (Adjemian, *et al.*, 2007; Nakov, 2008; Clarida, 2014; De la Peña, 2021; Dmitriev y Hoddenbagh, 2021), enfoque que también se toma en este trabajo.

Como punto de referencia del comportamiento actual u observado del banco central, se asume una regla tipo Taylor aumentada con el tipo de cambio nominal y suavizamiento de la tasa de interés que, si bien puede ser cuestionable, la mayoría de los trabajos empíricos en el país toman esta regla como referencia para explicar el comportamiento de Banxico, demostrando que el banco central reacciona al tipo de cambio (Cermeño *et al.*, 2012; Best, 2013; Cernichiaro, 2018; Zamarripa, 2021). La regla es la siguiente:

$$\frac{R_t}{R} = \left(\frac{R_{t-1}}{R} \right)^{\phi_R} \left(\left(\frac{\Pi_t^c}{\Pi^c} \right)^{\phi_\Pi} \left(\frac{Y_t}{Y} \right)^{\phi_Y} (dS_t)^{\phi_{ds}} \right)^{1-\phi_R} \epsilon_{R_t} \quad (67)$$

Donde ϕ_Π es la respuesta del banco central a las desviaciones de la inflación de su nivel objetivo, ϕ_Y es la respuesta a las desviaciones de la brecha del producto, ϕ_R es el parámetro de suavizamiento de la tasa de interés, ϕ_{ds} es el parámetro que dicta el grado de

respuesta al tipo de cambio nominal y ϵ_{Rt} es un choque de política monetaria autorregresivo $\ln(\epsilon_{Rt}) = \rho_{\epsilon_R} \ln(\epsilon_{Rt-1}) + \mu_{\epsilon_{Rt}}$ con $\mu_{\epsilon_{Rt}} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_{\epsilon_R}^2)$. En esta regla, se asume que $\phi_\pi > 1$, lo que garantiza un equilibrio estable del modelo (principio de Taylor). Por último, cabe destacar que el modelo se abstrae de un sector público, o lo que es lo mismo, se asume que el presupuesto gubernamental está en equilibrio en todo momento (Schmitt-Grohé y Uribe, 2007)

4.4. Condiciones de equilibrio

Para cerrar el modelo, las condiciones de equilibrio asumen que la producción por empresa iguala su demanda, este equilibrio a nivel firma se logra igualando las expresiones (36) y (37):

$$A_t K_{j,t}^\alpha L_{j,t}^{1-\alpha} - \varpi = \left(\frac{P_{j,t}}{P_t} \right)^{-\epsilon} Y_t \quad (68)$$

En el modelo, la producción doméstica agregada (Y_t) va destinada a satisfacer la demanda nacional y la demanda de exportación por tanto $Y_t = C_t^d + I_t^d + C_t^x + I_t^x$. Para obtener la restricción de recursos agregada, se debe integrar la ecuación (68) con respecto a j , llegando al siguiente resultado:

$$A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} - \varpi = (C_t^d + I_t^d + C_t^x + I_t^x) \int_0^1 \left(\frac{P_{j,t}}{P_t} \right)^{-\epsilon} dj \quad (69)$$

El lado izquierdo de la ecuación anterior se obtiene a partir de los supuestos de tecnología idéntica, misma relación capital trabajo para todas las empresas, así como de los supuestos de $\int_0^1 K_{j,t} = K_t$ y $\int_0^1 L_{j,t} = L_t$. Por su parte, el término $Vp = \int_0^1 \left(\frac{P_{j,t}}{P_t} \right)^{-\epsilon} dj$ del lado derecho, representa la dispersión de precios y matemáticamente refleja la pérdida de producción o ineficiencia generada por las rigideces de precios (De la Peña, 2021). Schmitt-Grohé y Uribe (2007) demuestran que la dispersión de precios tiene una representación de la siguiente forma:

$$Vp_t = \theta \left(\frac{\Pi_{t-1}^x}{\Pi_t} \right)^{-\epsilon} Vp_{t-1} + (1 - \theta) \bar{\Pi}_t^{-\epsilon} \quad (70)$$

Por último, utilizando las igualdades (21), (22) y (61) y sustituyéndolas en (69), la condición de equilibrio queda de la siguiente forma:

$$A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} - \varpi = \left[(1 - \omega_c) \left(\frac{P_t^c}{P_t} \right)^{\epsilon_c} C_t + (1 - \omega_i) \left(\frac{P_t^i}{P_t} \right)^{\epsilon_i} I_t + \left(\frac{P_t^*}{P_t^x} \right)^{\epsilon_f} Y_t^* \right] Vp \quad (71)$$

En cuanto al equilibrio de la balanza de pagos, este se determina por la siguiente expresión:

$$S_t B_{t+1}^* + S_t P_t^* (C_t^m + I_t^m) = S_t P_t^x (C_t^x + I_t^x) + R_{t-1}^* \Phi_{t-1} S_t B_t^* \quad (72)$$

Recordando que $fa_t = S_t B_{t+1}^* / P_t$, se puede multiplicar ambos lados de (72) por $1/P_t$ y despejar para fa_t dejando todo en términos relativos, obteniendo la siguiente expresión que refleja la evolución de activos externos:

$$fa_t = \frac{S_t P_t^x}{P_t} (C_t^x + I_t^x) + R_{t-1}^* \Phi_{t-1} fa_{t-1} \frac{dS_t}{\Pi_t} - \frac{S_t P_t^*}{P_t} (C_t^m + I_t^m) \quad (73)$$

4.5. Sector externo

El supuesto de pequeña economía abierta implica que el sector externo se considera exógeno y que lo que pasa dentro del país no repercute en el exterior. Esto último permite simplificar el análisis y asumir que las variables externas siguen un proceso autorregresivo de orden 1, como en De la Peña (2021). Estos procesos exógenos externos quedan determinados como:

$$\log(\Pi_t^*) = (1 - \rho_{\Pi^*}) \Pi^* + \rho_{\Pi^*} \log(\Pi_{t-1}^*) + \mu_{\Pi^*,t} \quad (74)$$

$$\log(Y_t^*) = (1 - \rho_{Y^*}) Y^* + \rho_{Y^*} \log(Y_{t-1}^*) + \mu_{Y^*,t} \quad (75)$$

$$\log(R_t^*) = (1 - \rho_{R^*}) R^* + \rho_{R^*} \log(R_{t-1}^*) + \mu_{R^*,t} \quad (76)$$

En donde $\mu_{w,t} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_w^2)$ con $w = \Pi^*, Y^*$ y R^* , mientras que ρ_{Π^*} , ρ_{Y^*} y ρ_{R^*} son los parámetros autorregresivos.

5. METODOLOGÍA

Como es convencional en este tipo de modelos, algunos parámetros serán calibrado y otros estimados mediante técnicas bayesianas, las cuales han tenido un auge en los últimos 20 años. Las técnicas bayesianas tienen una serie de ventajas tanto computacionales como teóricas y tienen una manera diferente de apreciar la incertidumbre en comparación con técnicas frecuentistas. Quizá una de las razones principales del auge de la visión Bayesiana en la estimación de modelos macroeconómicos ha sido la parte computacional, como los modelos DSGE suelen ser complejos en cuanto al número de parámetros a estimar, las técnicas bayesianas permiten aligerar la carga computacional y evitan quedarse atascado en máximos locales (Fernández-Villaverde 2009; Bauwens y Korobilis, 2013). Otra ventaja, es que estas técnicas permiten incluir conocimientos previos sobre los parámetros que no vienen de la muestra de datos y como bien señala Fernández-Villaverde (2009), el conocimiento que se tiene antes de analizar la muestra también tiene información relevante que incorporar a la estimación.

Formalmente y a diferencia de los métodos econométricos tradicionales (en donde los parámetros son valores fijos pero desconocidos), se asume que los parámetros son procesos estocásticos que siguen una distribución de probabilidad, por tanto, la estimación del vector de parámetros (Ω) de un modelo, consiste en encontrar las distribuciones de probabilidad que los componen, estas distribuciones se pueden considerar un promedio entre la información obtenida a través de máxima verosimilitud expresada por el término $p(Y^T|\Omega)$ (siendo $Y^T = \{Y_t\}_{t=1}^T \in \mathbb{R}^{nxT}$ un conjunto de datos de tamaño nxT) y las creencias previas del investigador sobre el valor de los parámetros, denotadas como $p(\Omega)$ (Fernández-Villaverde, 2009; Bauwens y Korobilis, 2013), todo esto a través del teorema de Bayes:

$$p(\Omega|Y^T) = \frac{p(Y^T|\Omega)p(\Omega)}{p(Y^T)} \quad (77)$$

En donde $p(Y^T)$ es un término que normaliza la expresión para que las probabilidades queden comprendidas entre 0 y 1 (Herbst y Schorfheide, 2016). En resumen, el proceso implica que las creencias previas (formadas antes de ver el conjunto de datos)

del investigador son actualizadas mediante un *set* de información contenida en la función de verosimilitud. Las creencias pueden ser establecidas a través de la teoría económica, investigaciones previas, información microeconómica, entre otras. A las creencias actualizadas por los datos, denotadas por $p(\Omega|Y^T)$, se les conoce como distribuciones posteriores, las cuales pueden seguir siendo actualizadas constantemente a medida que se incorporan nueva información al modelo (Fernández-Villaverde, 2009; Del Negro y Schorfheide, 2011). Para el cálculo de las distribuciones posteriores se empleará el Método de Monte Carlo basado en cadenas de Markov, cadenas que serán construidas a partir del algoritmo Metropolis–Hastings (Bauwens y Korobilis, 2013; Herbst y Schorfheide, 2016). En las siguientes secciones se describen los datos que se emplean para obtener la función de verosimilitud y las creencias previas sobre los parámetros que serán estimados. Para obtener las distribuciones posteriores, se empleó una aproximación de primer orden de las ecuaciones del modelo, sin embargo, para el análisis de bienestar, deben hacerse ciertas aclaraciones sobre el orden de aproximación del modelo, estos puntos se analizan en la siguiente sección.

5.1. Análisis de bienestar

Como el objetivo principal de este trabajo es evaluar el efecto que tienen diferentes reglas de tasa de interés nominal sobre el bienestar social, previo al análisis de los datos, es importante definir el concepto de bienestar. En la literatura sobre política óptima se define al bienestar social como el valor esperado descontado de la función de utilidad del agente representativo, este valor esperado puede ser condicional o no condicional. El bienestar no condicional no es más que la media incondicional de la distribución ergódica de la función de bienestar, por ende, no toma en cuenta las condiciones iniciales y se enfoca en el largo plazo, mientras que, en contraste, el bienestar condicional si toma en cuenta las condiciones iniciales y por lo tanto contempla las dinámicas de transición que se generan ante un cambio de política (Kim y Kim, 2018). Siguiendo a Schmitt-Grohé y Uribe (2007), en este trabajo se emplea el bienestar condicional, estableciendo como condiciones iniciales el estado estacionario determinístico o no estocástico, esto permite analizar la transición del estado estacionario no estocástico (que es común para todas las reglas), al estado

estacionario estocástico (que si difiere entre reglas), lo cual asegura que en todas las simulaciones se inicie del mismo punto.⁹ El bienestar condicional se puede definir formalmente como:

$$\mathcal{W}_{0,t} = E_0 \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(C_t, L_t) \right\} \quad (78)$$

el cual tiene una representación recursiva de la forma

$$\mathcal{W}_{0,t} = U(C_t, L_t) + E_0 \{ \mathcal{W}_{0,t+1} \} \quad (79)$$

Al igual que de las demás ecuaciones del modelo, se necesita una aproximación de esta función alrededor del estado estacionario, sin embargo, para un correcto análisis del bienestar, es importante aclarar dos puntos sobre el orden de aproximación. En primer lugar, para evaluar el efecto sobre el bienestar de diferentes políticas, se requiere que la aproximación de la función de bienestar sea al menos de segundo orden, la razón se debe a que, en una aproximación lineal, el valor esperado de una variable es igual a su valor en el estado estacionario determinístico y dado que las reglas de política no alteran dicho estado estacionario, todas generarían el mismo bienestar (Faia y Monacelli, 2007; Schmitt-Grohé y Uribe, 2007). En contraste, en una aproximación, por ejemplo, de segundo orden de la función de bienestar, Schmitt-Grohé y Uribe (2004) demostraron que existe un término adicional, esto es:

$$\mathcal{W}_{0,t} = \bar{\mathcal{W}}_0 + \frac{1}{2} \triangle \mathcal{W}_0 \quad (80)$$

donde el primer término del lado derecho de la ecuación es el valor del bienestar en el estado estacionario no estocástico y el segundo término es conocido como la constante de

⁹ El estado estacionario determinístico se define como la situación en la que los agentes económicos desean estar en la ausencia de choques en el periodo actual y teniendo en cuenta que no habrá choques en el futuro, mientras que el estado estacionario estocástico tiene una definición más ambigua, pero suele definirse como la situación donde los agentes quieren estar en la ausencia de choques estocásticos en el periodo actual, pero siendo conscientes de que puede haber choques en el futuro, esto es, toman en cuenta la incertidumbre (Juillard y Kamenik, 2005; Coeurdacier, Rey y Winant, 2011).

corrección, término que no está presente en la aproximación lineal y que genera diferentes niveles de bienestar entre reglas.

En segundo lugar, Woodford (2001) demostró que, con una expansión de Taylor de segundo orden de la función de bienestar se puede obtener una función de pérdida cuadrática simple como la ecuación (4), gracias a este resultado un gran número de autores optó por usar el enfoque Lineal-Cuadrático, esto es, usar una aproximación lineal de las ecuaciones estructurales del modelo con una función de pérdida cuadrática. Si bien este enfoque es sencillo y cumple la condición de una aproximación de orden mayor de la función de bienestar, para poder establecer un ranking correcto sobre políticas alternativas bajo este enfoque, se tienen que cumplir una serie de condiciones, la más importante es que el estado estacionario tiene que ser eficiente (es decir, no haber distorsiones por la competencia monopolística), de no ser así, el ranking podría ser erróneo (Benigno y Woodford, 2005).

Lo anterior llevó a la literatura a recaer en supuestos poco realistas, como un impuesto que deshace las distorsiones generadas por la competencia imperfecta o prescindir del capital en el modelo para poder emplear el enfoque LQ (Schmitt-Grohé y Uribe, 2007). Sin embargo, si lo que se desea es hacer un análisis completo de bienestar en modelos con mayor complejidad que no requieran un estado estacionario eficiente, es necesario realizar una aproximación de segundo orden tanto de las ecuaciones estructurales del modelo como de la función de bienestar. Por estos motivos, si bien, para realizar la estimación de parámetros se realizó una aproximación lineal, para el experimento sobre bienestar se empleó una aproximación de segundo orden de todo el modelo.

5.1.2. Equivalencia del consumo y pérdida del bienestar

Para poder cuantificar los costos sociales de reglas alternativas de política monetaria, no se puede confiar solamente en el nivel de bienestar, debido a que, al obtenerse a partir de la función de utilidad tiene una serie de limitantes y solo permite ordenar las preferencias de los consumidores. Para medir de forma más intuitiva la pérdida del bienestar asociada con una política particular, se emplea el concepto de Equivalencia del Consumo (EC). Este

concepto compara el bienestar de dos regímenes de política y mide en unidades de consumo cuanto necesitaría recibir o renunciar un agente para estar tan bien en un régimen como en otro. La práctica habitual es usar el nivel de bienestar de un régimen como referencia para luego comparar las demás reglas o políticas alternativas, en este caso, se empleó como régimen de referencia el bienestar asociado con la política de inflación estricta (IE) que consiste en $\Pi_t = 1$ para toda t como en Faia y Monacelli (2007). Este régimen suele derivar un bienestar superior a la gran mayoría de reglas simples e implementables. Se optó por no emplear el bienestar del modelo de Ramsey como referente ya que, con el supuesto de indexación completa, generaba infinitos estados estacionarios.¹⁰ Para definir formalmente el concepto de la EC, se asume que existen dos regímenes de política, el régimen de referencia (IE) que genera el nivel de bienestar:

$$\mathcal{W}_{0,t}^* = E_0 \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(C_t^*, L_t^*) \right\} \quad (81)$$

y un régimen de política alternativo derivado de alguna regla simple e implementable que genera el nivel de bienestar:

$$\mathcal{W}_{0,t}^A = E_0 \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(C_t^A, L_t^A) \right\} \quad (82)$$

Donde los superíndices * y A indican la evolución que seguirán las variables en el escenario de la política de IE y en la política alterna respectivamente. El concepto de la EC consiste en encontrar la fracción neta de consumo denotada como ς , que hace indiferente al agente representativo de permanecer en uno u otro régimen, en otras palabras, si $\mathcal{W}_{0,t}^* > \mathcal{W}_{0,t}^A$ el individuo tiene que ser compensado en el régimen A con una fracción adicional de consumo para ser indiferente entre ese régimen y el régimen de IE y por lo tanto $\varsigma > 0$, mientras que, si $\mathcal{W}_{0,t}^* < \mathcal{W}_{0,t}^A$ el individuo tendría que renunciar a una fracción de consumo

¹⁰ Para una definición detallada del modelo de Ramsey véase Levin et al. (2005), Collard et al. (2017) y Laureys y Wanengkirtyo (2021).

para ser indiferente entre ambos regímenes y con ello $\varsigma < 0$. Matemáticamente la equivalencia del consumo requiere que:

$$\mathcal{W}_{0,t}^* = E_0 \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U((1 + \varsigma)C_t^A, L_t^A) \right\} \quad (83)$$

Si $\mathcal{W}_{0,t}^* = \mathcal{W}_{0,t}^A$, entonces $\varsigma = 0$. Recordando que la función de utilidad es logarítmica la expresión anterior se puede expandir de la forma

$$\mathcal{W}_{0,t}^* = E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\xi_t \log((1 + \varsigma)C_t^A) - \vartheta \frac{L_t^{A^{1+\varphi}}}{1 + \varphi} \right] \quad (84)$$

luego, con $\mathcal{W}_{0,t}^A = E_0 \{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(C_t^A, L_t^A) \}$ esto se puede simplificar como

$$\mathcal{W}_{0,t}^* = E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \xi_t \log(1 + \varsigma) + \mathcal{W}_{0,t}^A \quad (85)$$

Por la presencia del término ξ_t , no se puede resolver la expresión anterior analíticamente para ς , por lo que se recurrió a métodos numéricos para calcular la equivalencia del consumo. En resumen ς o la EC mide la proporción del consumo que un individuo necesitaría recibir o renunciar para ser indiferente entre un régimen de política de referencia y un régimen alternativo (Faia, 2008).

5.2. Datos, calibración y previos

Los datos trimestrales que se emplearon en la estimación fueron el componente cíclico del PIB¹¹ y del consumo privado (ambas variables en términos reales), la tasa de crecimiento bruta del tipo de cambio nominal, la tasa de interés nominal (Cetes a 28 días), la inflación de bienes de consumo obtenida a partir del Índice Nacional de Precios al Consumidor

¹¹ Al PIB se le restó el gasto de gobierno, debido a que el modelo se abstrae completamente del sector público, sin embargo, los resultados son robustos a cuando si se incluye el gasto público en la medición del PIB.

(INPC) y la inflación de bienes producidos domésticamente, para la cual se generó un proxy del deflactor del PIB a partir del PIB real y nominal. Por último, se incluyeron dos variables del sector externo, el componente cíclico del PIB de Estados Unidos y la tasa de los Fondos Federales del mismo país como proxys de las variables del resto del mundo como es habitual en los trabajos de pequeña economía abierta para México (Gaytán y González-García, 2007; Best, 2013; Capistrán et al., 2017; De la Peña, 2021; Zamarripa, 2021).

En cuanto al periodo de análisis, este abarcó del primer trimestre de 2001 hasta el primer trimestre de 2020, optándose por excluir el periodo del COVID-19 siguiendo a Lenza y Primiceri (2022) quienes argumenta que, si el interés se centra en la estimación de los parámetros, lo mejor es ignorar el periodo de crisis, mientras que, si el objetivo es hacer pronósticos si se debe incluir para evitar subestimar la incertidumbre. Teniendo en cuenta que en la presente investigación se enfoca en evaluar una función objetivo sujeta a los parámetros estructurales estimados del modelo, se optó por omitir el periodo de pandemia.

Para obtener el componente cíclico de las variables de producción (tanto de México como de Estados Unidos) y consumo se aplicó el filtro Hodrick-Prescott (HP) de un lado siguiendo a Born y Pfeifer (2014) ya que los filtros como HP (de dos lados) o Baxter-King, usan observaciones futuras y pasadas para crear la serie, lo que no es inconsistente con la solución de los modelos en su forma reducida. Además, se emplearon las variables ajustadas por estacionalidad, salvo el tipo de cambio y la tasa de interés de Estados Unidos que no presentaron evidencia de estacionalidad. Una descripción detallada de los datos, así como la fuente donde se obtuvieron se presenta en el cuadro 1, mientras que la evolución de las variables durante el periodo de estudio se muestra en la figura 1.

Cuadro 1. Variables empleadas en la estimación

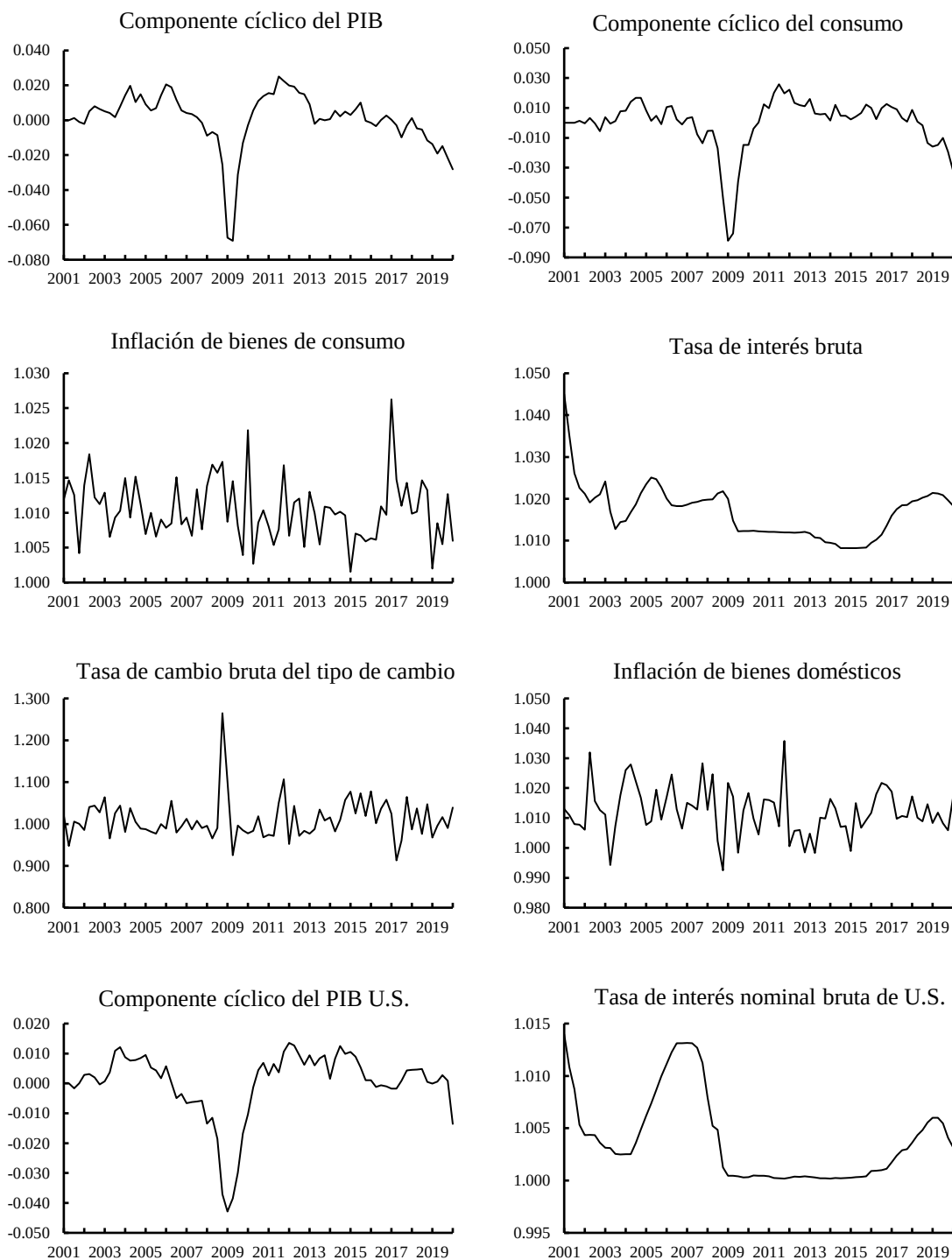
Variable	Descripción	Fuente
Brecha del Producto Interno Bruto (Y_t^{gap})	Componente cíclico del logaritmo del PIB (excluyendo el gasto público) a precios constantes de 2018. Serie ajustada por efectos del calendario	Banco de Información económica (INEGI)
Brecha del consumo privado de los hogares (C_t^{gap})	Componente cíclico del logaritmo del consumo privado a precios constantes de 2018, Serie ajustada por efectos del calendario	Banco de Información económica (INEGI)
Inflación de bienes de consumo (Π_t^c)	Inflación trimestral bruta, construido a partir del INPC. Series ajustada por efectos del calendario	Banco de Información económica (INEGI)
Inflación de bienes domésticos (Π_t)	Tasa de cambio bruta del deflactor del PIB, construido a partir del cociente entre el PIB nominal y el PIB real. Serie ajustada por efectos del calendario.	Banco de Información económica (INEGI)
Tasa de interés nominal (R_t)	Tasa de interés nominal de Cetes a 28 días, valor trimestral en términos brutos. Serie ajustada por efectos del calendario.	Sistema de Información Económicas (Banxico)
Tasa de cambio bruta del tipo de cambio nominal (dS_t)	Tasa de cambio bruta trimestral del tipo de cambio nominal. No presentó evidencia de estacionalidad.	Sistema de Información Económicas (Banxico),
Brecha del PIB de Estados Unidos Y_t^{*gap}	Componente cíclico del logaritmo del PIB de Estados Unidos a precios constantes de 2012. Serie ajustada por efectos del calendario.	Federal Reserve Economic Data
Tasa de interés nominal de Estados Unidos (R_t^*)	Tasa nominal efectiva de fondos federales de Estados Unidos, valor trimestral en términos brutos. No presentó evidencia de estacionalidad	Federal Reserve Economic Data

Fuente: elaboración propia.

Los valores de los parámetros calibrados se establecieron siguiendo los trabajos previos de pequeña economía abierta con capital o se calibraron para obtener un valor específico de algunas variables en el estado estacionario. De la función de utilidad, φ se calibra en 1 como en De la Peña (2021), mientras que ϑ se calibra en 7.5 para que las horas trabajadas en el estado estacionario sean de un tercio aproximadamente. La inflación trimestral bruta en el estado estacionario se estableció en 1.0075, lo que equivale a una inflación neta anual de alrededor del 3%, objetivo del banco central en México. Con respecto a la tasa de interés, los datos muestran que durante el periodo ha sido en promedio cercana al 7%, por lo tanto, para ser consistente con este nivel de tasa de interés en el estado estacionario y dado el valor de la inflación, el factor de descuento se estableció en 0.9901.

Por otra parte, se fijaron $\delta = 0.03$ y $\alpha = 0.33$ siguiendo a Aguiar y Gopinath, 2007, Afrin (2019) y De la Peña (2021) mientras que el parámetro de sensibilidad de la inversión a los costos de ajuste se calibra en la unidad como en Costa (2016). Las proporciones de bienes de consumo e inversión importados sobre el total se determinaron a partir de valores promedios observados en México durante el periodo de estudio. Con datos del INEGI, se obtuvo que la proporción de consumo importado sobre el consumo total rondan el 44%, esto es, $\omega_c = 0.44$, mientras que para calcular ω_i , se tomó como proxy la Formación Bruta de Capital Fijo (FBCF), en el apartado maquinaria y equipo, en donde se encontró que la FBCF importada representa aproximadamente 58% de la FBCF total.

Figura 1 . Evolución de las variables observables del modelo



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, Banxico, y FRED.

En cuanto a los parámetros que miden la elasticidad de sustitución entre productos domésticos e importados, la literatura no ha llegado a un consenso claro sobre el verdadero valor y el rango puede variar de acuerdo con el tipo de datos que se empleen, sin embargo, se suele asumir que es un valor superior a 1 cuando se analizan economías en desarrollo (André y Traficante, 2021; Di Giorgio y Nisticò, 2013; Bajzik y Schwarz, 2020), por lo tanto, se estableció que $\epsilon_c = \epsilon_i = \epsilon_f = 1.5$. Aunque podría existir controversia por estos valores, Di Giorgio y Nisticò (2013) mencionan que cambiar estos valores no suelen modificar los resultados de los modelos. En cuanto a las elasticidades de sustitución entre variedades, se establecen en 6 siguiendo a Adolfson *et al* (2007) y, por último, se adoptó el supuesto de indexación completa en todos los sectores del modelo, es decir, $\chi_d = \chi_{mc} = \chi_{mi} = \chi_x = 1$. El cuadro 2 muestra un resumen de los parámetros calibrados y sus respectivos valores.

Cuadro 2. Calibración de parámetros

Definición	Parámetro	Valor
Factor de descuento	β	0.990
Peso relativo del trabajo en la función de utilidad	ϑ	7.500
Elasticidad de Frisch de la oferta de trabajo	φ	1.000
Participación del capital en la producción	α	0.333
Tasa de depreciación	δ	0.030
Sensibilidad de la inversión con respecto a los costos de ajuste	χ	1.000
Participación de bienes de consumo importados sobre el total	ω_c	0.400
Participación de bienes de inversión importados sobre el total	ω_i	0.500
Inflación en el estado estacionario	Π	1.0075
E.S. entre variedades de bienes locales	ϵ_c	1.500
E.S. entre bienes en el extranjero	ϵ_f	1.500
E.S. entre variedades de inversión	ϵ_i	1.500
E.S. variedades locales	ϵ	6.000
E.S. entre variedades de consumo importados	ϵ_{mc}	6.000
E.S. entre variedades de inversión importados	ϵ_{mi}	6.000
E.S. entre variedades de bienes de exportación	ϵ_x	6.000
Indexación de precios bienes locales	χ_d	1.000
Indexación de precios bienes de consumo importados	χ_{mc}	1.000
Indexación de precios bienes de inversión importados	χ_{mi}	1.000
Indexación de precios bienes de exportación	χ_x	1.000

Fuente: elaboración propia con base en Aguiar y Gopinath (2007), Afrin (2019), De la Peña (2021), Corsetti et al. (2010), Costa (2016), Adolfson et al. (2007) y datos del INEGI.

La distribución o creencias previas de los parámetros que si fueron estimados se presenta en el cuadro 3. Se estimaron los parámetros que dictan las rigideces de precio, los de la regla de política monetaria y aquellos asociados a los choques exógenos, tanto los parámetros de persistencia como de volatilidad. Para definir las distribuciones previas de probabilidad se sigue en gran medida a Adolfson (2007) porque tiene una estructura del sector productivo similar al de esta investigación y a De la peña (2021) quien es de los pocos autores que estiman un modelo DSGE con capital para México. Para los parámetros de rigideces de precio y persistencia de los choques exógenos se emplea la distribución Beta (B), que se asemeja a la distribución normal (N) pero su dominio está limitado entre 0 y 1, para los parámetros de reacción del banco central se emplea la distribución normal y para las desviaciones estándar de los choques exógenos se usa la distribución Gamma Inversa (GI), la cual restringe el dominio a valores positivos de los parámetros.

Cuadro 3. Distribución previa de los parámetros a estimar

Definición	Parámetros	Distribución	Media previa (SD)
Parámetro de calvo doméstico	θ	B	0.60 (0.05)
Parámetro de calvo de consumo importado	θ_{mc}	B	0.50 (0.05)
Parámetro de calvo de inversión importada	θ_{mi}	B	0.50 (0.10)
Parámetro de calvo de bienes exportados	θ_x	B	0.50 (0.10)
Parámetro de la prima de riesgo	ϕ_a	GI	0.01(0.001)
Suavizamiento de la tasa de interés	ϕ_r	B	0.75 (0.10)
Respuesta del banco central a la inflación	ϕ_Π	N	1.70 (0.10)
Respuesta del banco central a la producción	ϕ_Y	N	0.20 (0.10)
Respuesta del banco central al tipo de cambio	ϕ_{ds}	N	0.00 (0.10)
Persistencia del choque tecnológico	ρ_a	B	0.85 (0.10)
Persistencia del choque de la prima de riesgo	ρ_ϕ	B	0.85 (0.10)
Persistencia del choque de preferencias	ρ_ξ	B	0.85 (0.10)
Persistencia del choque de calidad del capital	ρ_ϱ	B	0.85 (0.10)
Persistencia del choque de política monetaria	ρ_{ϵ_R}	B	0.85 (0.10)
Persistencia del choque política monetaria externa	ρ_{R^*}	B	0.85 (0.10)
Persistencia del choque de inflación externa	ρ_{Π^*}	B	0.85 (0.10)
Persistencia del choque de producción externa	ρ_{Y^*}	B	0.85 (0.10)
S.D. choque tecnológico	σ_a	GI	0.01 (2.00)
S.D. choque de prima de riesgo	σ_ϕ	GI	0.01 (2.00)
S.D. Choque de preferencias	σ_ξ	GI	0.01 (2.00)
S.D. Choque de calidad del capital	σ_ϱ	GI	0.01 (2.00)
S.D. choque de política monetaria	σ_{ϵ_R}	GI	0.01 (2.00)
S.D. Choque de política monetaria del exterior	σ_{R^*}	GI	0.01 (2.00)
S.D. Choque de inflación externa	σ_{Π^*}	GI	0.01 (2.00)
S.D. Choque de producción externa	σ_{Y^*}	GI	0.01 (2.00)

Fuente: elaboración propia con base en Adolfson et al. (2007) y De la Peña (2021). Nota S.D. significa desviación estándar.

6. RESULTADOS

El cuadro 4 muestra los resultados de la estimación, es decir, la distribución posterior de los parámetros. Para facilitar la comparación se repitió la distribución previa tomada del cuadro 3. Por su parte, la figura 2 presenta de manera conjunta la distribución posterior y previa para evaluar que tan informativos fueron los datos para actualizar las creencias previas. Se observa que los precios más rígidos son los precios de exportación, con un valor del parámetro de Calvo (θ_x) de 0.8257 lo cual sugiere una duración media de contratos de poco menos de 6 trimestres, mientras que los precios que exhiben menor rigidez son los precios de los bienes de inversión importados. Por otra parte, se obtuvo que $\theta = 0.7038$ y $\theta_{mc} = 0.7343$ lo que se traduce en una duración promedio de contratos cercana a un año.

De este bloque de parámetros de rigideces de precios, la media estimada fue superior que la media previa excepto para los bienes de inversión, aunque como muestra la figura 2 los datos no fueron muy informativos para actualizar la distribución de este parámetro. En contraste las distribuciones posteriores de θ , θ_{mc} y θ_x indican que los datos si fueron muy informativos para identificar estos parámetros. El valor de θ_{mc} se puede interpretar como un bajo traspaso del tipo de cambio a los precios en el país, consistente con la visión *local currency pricing*, en otras palabras, los precios son rígidos en la moneda del país importador (Corsetti et al., 2010). Son varios los trabajos que han documentado este fenómeno en México, sobre todo se ha encontrado una fuerte reducción del traspaso del tipo de cambio a los precios a partir de 2001 (Capistrán et al., 2011; Pérez, 2012; Cortés, 2013; Perrotini y Ortiz, 2018), año en el cual se adopta oficialmente el esquema de objetivos de inflación.

En el bloque de parámetros de la regla de Taylor, destaca el bajo coeficiente de reacción del banco central al tipo de cambio, valor menor a las estimaciones de Best (2013) y Zamarripa (2021), aunque este último autor ya reportaba una reducción sistemática del coeficiente en los últimos años mediante una estimación de tipo *rolling-windows*. La media posterior del parámetro de reacción a la brecha del producto es de 0.2327, valor por encima de De la Peña (2021) quien obtuvo un valor de 0.0876, pero inferior al 0.39 encontrado por Zamarripa (2021). Con respecto al parámetro ϕ_π existe mayor consenso sobre su valor en

México, el cual suele encontrarse en valores superiores a 1.5, es decir, se cumple el principio de Taylor en el país (Cermeño et al., 2012; Best, 2013; Zamarripa, 2021; De la Peña, 2021). El valor del parámetro de suavizamiento de la tasa de interés es de 0.5186, valor muy cercano a los reportados por Zamarripa (2021) y Best (2013) lo cual indica robustez con respecto a este parámetro.

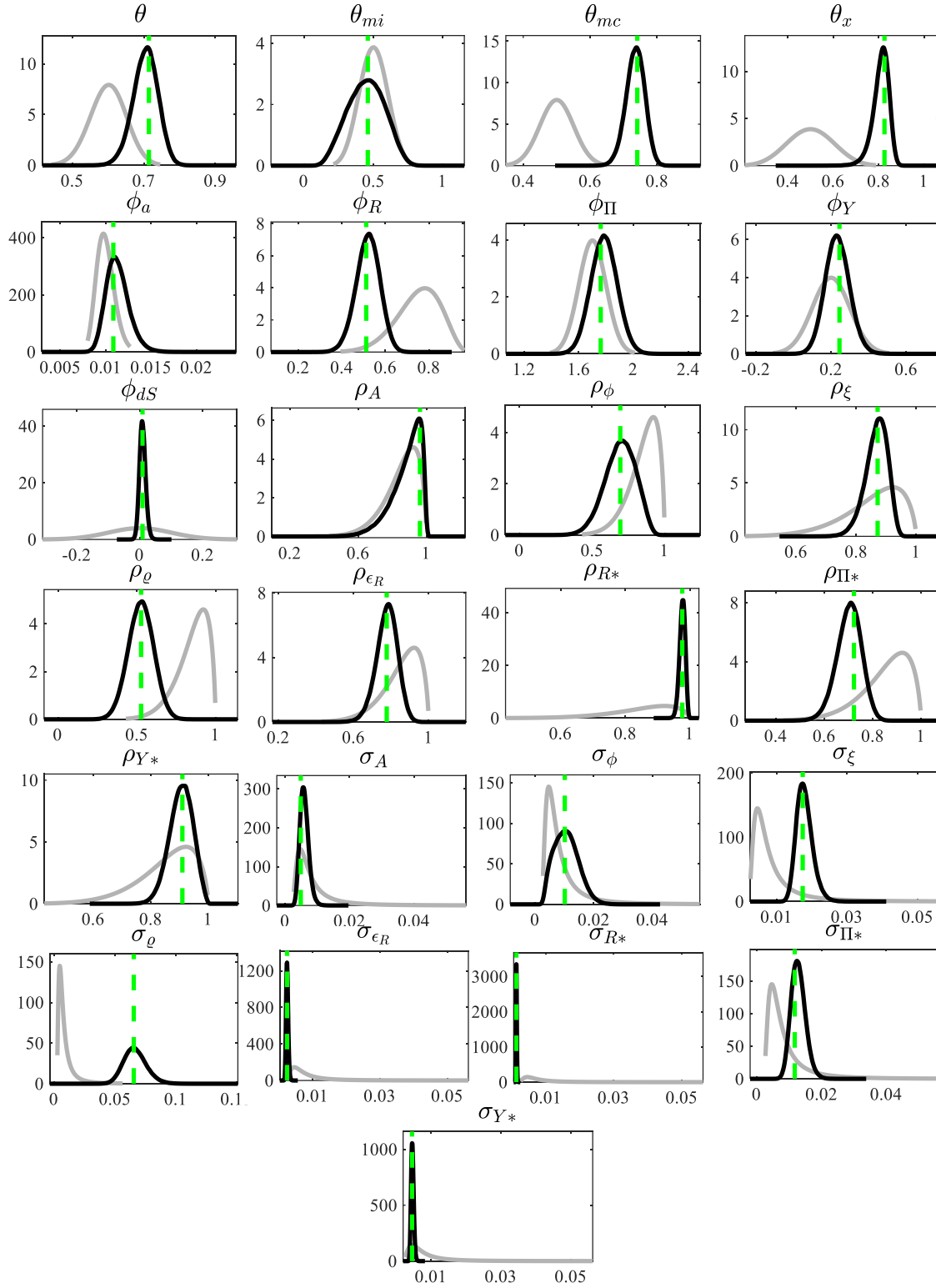
Los dos choques exógenos más persistentes son del exterior, en primer lugar, está el de política monetaria externa (0.9763), seguido del choque de producción de Estados Unidos (0.9040), mientras que, dentro de los choques internos, el más persistente es el tecnológico (0.8789), seguido del choque de preferencias (0.8663). Con respecto a las desviaciones estándar estimadas, el choque que exhibió mayor volatilidad es el de calidad del capital, seguido del choque de preferencias, el cual parece tener un papel importante en el país por su alta volatilidad y persistencia. Del bloque de choques externos, a pesar de que son persistentes, su volatilidad es baja, esto se podría explicar por la evolución de la inflación y la tasa de interés en Estados Unidos durante los últimos años, las cuales se han mantenido cercanas a cero. En cuanto a la importancia de los datos, según la figura 2, estos no ayudaron a identificar el parámetro ρ_A con una distribución posterior muy similar a la previa, pero en general, los datos si aportaron información relevante para actualizar la distribución de los demás choques exógenos.

Cuadro 4. Resultados de la estimación de parámetros

Coef	Distribución previa			Distribución posterior				
	Densidad	Media	S.D	Moda	Media	S.D	10%	90%
θ	B	0.60	0.050	0.7143	0.7038	0.0347	0.6475	0.7611
θ_{mc}	B	0.50	0.050	0.7408	0.7343	0.0279	0.6894	0.7805
θ_{mi}	B	0.50	0.100	0.4595	0.4466	0.1297	0.2310	0.6572
θ_x	B	0.50	0.100	0.8257	0.8085	0.0356	0.7545	0.8645
ϕ_a	GI	0.01	0.001	0.0109	0.0113	0.0012	0.0093	0.0133
ϕ_R	B	0.75	0.100	0.5123	0.5186	0.0543	0.6096	0.6096
ϕ_{Π}	N	1.70	0.100	1.7605	1.7836	0.0957	1.6259	1.9403
ϕ_Y	N	0.20	0.100	0.2447	0.2327	0.0644	0.1270	0.3384
ϕ_{ds}	N	0.00	0.100	0.0087	0.0087	0.0099	-0.0074	0.0248
ρ_a	B	0.85	0.100	0.9618	0.8789	0.0869	0.7557	0.9949
ρ_{ϕ}	B	0.85	0.100	0.6938	0.6908	0.1047	0.5266	0.8666
ρ_{ξ}	B	0.85	0.100	0.8712	0.8663	0.0368	0.8083	0.9252
ρ_{ϱ}	B	0.85	0.100	0.5271	0.5247	0.0802	0.3921	0.6558
ρ_{ϵ_R}	B	0.85	0.100	0.7764	0.7758	0.0561	0.6860	0.8690
ρ_{R^*}	B	0.85	0.100	0.9764	0.9763	0.0088	0.9621	0.9906
ρ_{Π^*}	B	0.85	0.100	0.7225	0.7013	0.0507	0.6180	0.7835
ρ_{Y^*}	B	0.85	0.100	0.9097	0.9040	0.0401	0.8402	0.9707
σ_a	GI	0.01	2.000	0.0048	0.0059	0.0014	0.0037	0.0080
σ_{ϕ}	GI	0.01	2.000	0.0101	0.0106	0.0041	0.0038	0.0168
σ_{ξ}	GI	0.01	2.000	0.0175	0.0180	0.0023	0.0143	0.0215
σ_{ϱ}	GI	0.01	2.000	0.0655	0.0665	0.0093	0.0511	0.0814
σ_{ϵ_R}	GI	0.01	2.000	0.0025	0.0025	0.0003	0.0020	0.0030
σ_{R^*}	GI	0.01	2.000	0.0014	0.0014	0.0001	0.0012	0.0016
σ_{Π^*}	GI	0.01	2.000	0.0117	0.0128	0.0022	0.0092	0.0163
σ_{Y^*}	GI	0.01	2.000	0.0046	0.0047	0.0003	0.0041	0.0053

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Distribución posterior (línea negra) y previa (línea gris) de los parámetros estimados



Fuente: elaboración propia.

Por último, el cuadro 5 muestra algunos estadísticos de los datos y compara el segundo momento de las variables, es decir, se comparan las desviaciones estándar de las variables (teóricas) del modelo con las desviaciones estándar encontradas en los datos. El modelo logra replicar exitosamente la volatilidad relativa de las variables observables (a excepción del consumo que es más volátil que la producción en el modelo, pero no en los datos), aunque parece sobreestimar la volatilidad absoluta, esto se puede explicar por la ausencia de algunas rigideces reales en el modelo, como la formación de hábitos en el consumo y los costos de utilización del capital como en Adoflson *et al.* (2007) o Fernández-Villaverde (2009).

Cuadro 5. Momentos teóricos y empíricos de las variables

Variable	Media	S.D. datos	S.D. Modelo	N
Brecha del producto	0.0005	0.0183	0.0286	77
Brecha del consumo	-0.0003	0.0179	0.0355	77
Inflación de bienes de consumo	1.0103	0.0044	0.0094	77
Inflación de bienes domésticos	1.0122	0.0081	0.0117	77
Tasa de interés doméstica	1.0168	0.0063	0.0094	77
Tipo de cambio	1.0108	0.0479	0.0509	77

Fuente: elaboración propia con datos de Banxico, INEGI y FRED.

6.1. Análisis de bienestar y reglas óptimas

En esta sección se presentan los resultados del ejercicio contrafactual sobre el bienestar derivado de reglas alternativas de política monetaria. Para calcular el bienestar, se calibró el modelo con la media posterior del cuadro 4 y se realizó una aproximación de segundo orden, cambiando solo la regla de política monetaria en cada nueva estimación para conocer el bienestar condicional de los diferentes escenarios. Como se mencionó anteriormente, el régimen de referencia para el cálculo de la equivalencia del consumo fue el régimen teórico de IE siguiendo a Galí y Monacelli (2005) y Faia y Monacelli (2007). Las reglas estudiadas a lo largo de las siguientes secciones se seleccionaron con base en la literatura de la sección 2.3 y atiende a las siguientes discusiones: 1) el valor óptimo de los parámetros tradicionales ϕ_{π} y ϕ_Y y ϕ_{ds} y el *timing* idóneo de las variables objetivo; 2) los

costos de confiar en variables latentes como la brecha del producto; y 3) la mejor medida de la inflación.

Mientras las reglas seleccionadas se basaron en estas tres discusiones, la elección de los coeficientes (si aplica) se dividió en dos bloques. En el primero, los parámetros de cada regla de política alternativa se calibraron con base en los valores estimados u observados de Banxico del cuadro 4, esto para poder comparar la regla alternativa con la regla empírica manteniendo constantes los coeficientes. En el segundo bloque se presentan las mismas reglas, pero con parámetros optimizados. Para obtener estas reglas optimizadas, se buscó la combinación de los parámetros ϕ_{π} , ϕ_Y y ϕ_{ds} que maximizara la función de bienestar condicional sujeto a las restricciones del modelo, a esta búsqueda se le conoce en la literatura como *grid search*. Para ϕ_{π} se buscó en el intervalo [1.1, 3], en pasos de 0.1. El límite inferior se restringió para garantizar el principio de Taylor, mientras que para ϕ_Y y ϕ_{ds} se buscó en el intervalo [0, 3] también en pasos de 0.1. Se estableció el límite superior de 3 siguiendo a Schmitt-Grohé y Uribe (2007) quienes argumentan que valores superiores serían difíciles de comunicar al público, a su vez se omitieron valores negativos de ϕ_Y y ϕ_{ds} porque también serían difíciles de justificar en una economía como la mexicana. Por último, en todo el análisis de reglas se mantuvo fijo el parámetro ϕ_R para reducir el problema de dimensionalidad en el *grid search*, asumiendo que es deseable tener un suavizamiento de tasas de interés.

6.1.1. El papel de los coeficientes ϕ_{π} , ϕ_Y y ϕ_{ds} en la pérdida del bienestar y el timing correcto de las variables

Siguiendo la discusión empírica, en este apartado se analizaron las implicaciones que tienen para el bienestar social variar los parámetros de la regla de Taylor de la ecuación (67), además, se probaron reglas con rezagos y adelantos de las variables y como regímenes de control se incluyeron el régimen de tipo de cambio fijo (PEG) y de inflación estricta (IE). El cuadro 6 muestra que la pérdida de bienestar o EC de la regla empírica estimada es de 0.0797%, esto quiere decir que el consumidor necesitaría recibir 0.0797% unidades adicionales de consumo para igualar el bienestar que tendría en el régimen de IE. La regla empírica optimizada, es decir, la regla empírica pero con parámetros optimizados a través

del *grid search*, muestra que es deseable una fuerte estabilización de la inflación con ϕ_{π} alcanzando el límite superior del intervalo, un resultado común en modelos nekeynesianos (Schmitt-Grohé y Uribe, 2007; Nakov, 2008; Motta y Tirelli, 2012; Quint y Rabanal, 2014; Bailliu et al., 2015; Poutineau y Vermandel, 2017), pero a diferencia de otros trabajos, la respuesta deseable a la producción es positiva y elevada con un 0.9. A su vez, según el *grid search* resulta óptimo no reaccionar al tipo de cambio nominal. Aunque la regla empírica optimizada brinda información importante sobre la confección de la política monetaria óptima en el país, no mejora demasiado a la regla empírica con un coeficiente EC de 0.0574%.

Por otra parte, se analizaron dos reglas con parámetros estándares en la literatura, como lo son la regla de Taylor tradicional y la de mandato dual (ambas con suavizamiento de la tasa de interés). Se observa que la regla de mandato dual genera pérdidas importantes en el bienestar con un coeficiente EC de 0.1521%, mientras que la regla de Taylor estándar tiene un desempeño ligeramente peor al de la regla empírica. La regla de mandato dual se caracteriza por asignar un valor de 1 a ϕ_Y , valor cercano al 0.9 de la regla empírica optimizada, sin embargo, la regla de mandato dual genera una pérdida del bienestar mayor, esto implica que, más que el valor concreto de los coeficientes, importan su peso relativo en la regla de política, es decir, el cociente ϕ_{π}/ϕ_Y . En la regla empírica optimizada este cociente es de 3.3, mientras que en la de mandato dual es de solo 1.5.

La regla que peor se desempeña del primer bloque del cuadro 6, es el régimen de tipo de cambio fijo, el cual genera una pérdida de bienestar considerable de 0.8439%. Para contextualizar, una pérdida de esta magnitud implica que con la regla empírica se tendrían que recibir aproximadamente 8/100 unidades adicionales de consumo para estar tan bien como en el régimen de IE, mientras que en el de tipo de cambio fijo el consumidor representativo tendría que recibir poco más de 80/100 unidades de consumo adicionales para ser indiferente. Los costos de un régimen de tipo de cambio fijo en una pequeña economía abierta son documentados por Galí y Monacelli (2005) en un entorno de traspaso completo del tipo de cambio y por Monacelli (2005) en un entorno con traspaso incompleto, además, Schmitt-Grohé y Uribe (2001) calibrando un modelo para la economía

mexicana muestran que el régimen de tipo de cambio fijo (o dolarización) es inferior a otras reglas simples e implementables que emplean el tipo de cambio como instrumento de política.

Cuadro 6. Reglas de política y pérdida del bienestar

$R_t/R = (R_{t-1}/R)^{\phi_R} (\Pi_t^c/\Pi^c)^{\phi_\Pi} (Y_t/Y)^{\phi_Y} (dS_t)^{\phi_{dS}})^{1-\phi_R}$					
Regla	ϕ_Π	ϕ_Y	ϕ_{dS}	$\mathcal{W}$	EC (%)
Regla empírica	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6746	0.0797
Regla empírica optimizada	3	0.9	0	-99.6519	0.0574
Taylor tradicional	1.5	0.5	0	-99.6921	0.0969
Mandato dual	1.5	1	0	-99.7482	0.1521
PEG ($dS_t = 1$ para toda t)	-	-	-	-100.449	0.8439
IE ($\Pi_t = 1$ para toda t)	-	-	-	-99.5934	0
$R_t/R = (R_{t-1}/R)^{\phi_R} E_t((\Pi_{t+i}^c/\Pi^c)^{\phi_\Pi} (Y_{t+i}/Y)^{\phi_Y} (dS_{t+i})^{\phi_{dS}})^{1-\phi_R}$ con $i = -4, -2, -1, 1, 2$					
Reglas calibradas					
Con $i = -1$	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6732	0.0783
Con $i = -2$	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6773	0.0824
Con $i = -4$	1.7836	0.2327	0.0087	-99.7009	0.1056
Con $i = 1$	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6915	0.0963
Con $i = 2$	1.7836	0.2327	0.0087	-99.7348	0.1390
Reglas optimizadas					
Con $i = -1$	3	0.8	0	-99.6524	0.0579
Con $i = -2$	3	0.8	0	-99.6560	0.0614
Con $i = -4$	3	0.5	0	-99.6848	0.0897
Con $i = 1$	3	1	0.9	-99.6324	0.0383
Con $i = 2$	3	0.8	1	Indeterminado	

Fuente: elaboración propia.

Nota: la pérdida de bienestar o EC es relativa al régimen de IE.

En el segundo bloque del cuadro 6, se parte de la misma regla de Taylor con suavizamiento y tipo de cambio de la ecuación (67), pero en lugar de incluir variables en el tiempo t , se incluyen los rezagos y adelantos de las tres variables de interés con parámetros

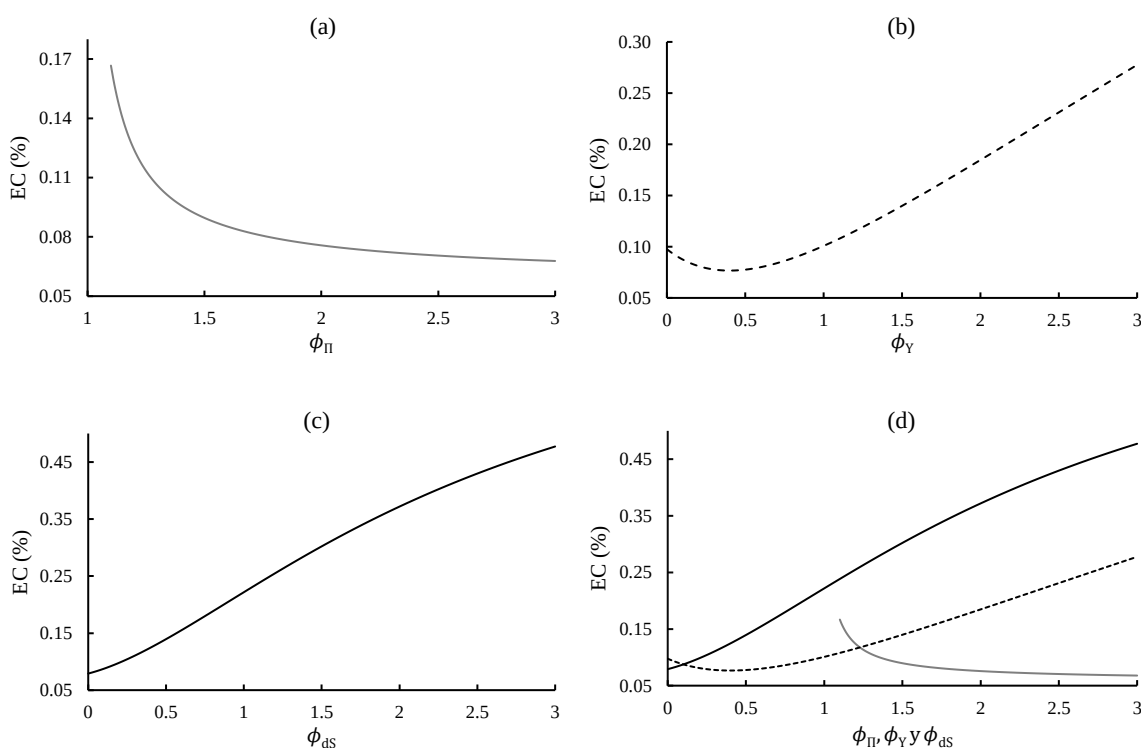
calibrados. Para las reglas con rezagos o *backward looking* se estudian reglas hasta con 4 rezagos y para las reglas denominadas *forward looking* solo se incluyen reglas con máximo de 2 adelantos ya que adelantos mayores generaban problemas de indeterminación en el modelo. Comparando la EC del segundo bloque con la EC de la regla empírica original (0.0797%), se percibe que no hay ganancias importantes en el bienestar de usar rezagos o adelantos en las variables y que entre más se alejen las variables del tiempo t , el bienestar disminuye. Este resultado también se ha encontrado en modelos de economía cerrada, Schmitt-Grohé y Uribe (2006) muestran que tener reglas con un rezago o un adelanto, no genera cambios importantes sobre el bienestar.

Por su parte, el tercer bloque del cuadro 6 corresponde a las reglas optimizadas tanto *forward* como *backward looking*. Las reglas *backward looking* optimizadas tienen un comportamiento muy similar a la regla empírica optimizada, tanto en términos del nivel de bienestar como en los parámetros óptimos encontrados en el *grid search*, los cuales sugieren tener una fuerte reacción a la inflación, una respuesta media a la producción y una reacción nula al tipo de cambio. En contraste, en las reglas *forward looking* optimizadas resulta óptimo reaccionar al tipo de cambio nominal, sin embargo, estas reglas no son confiables porque suelen arrojar indeterminación o estar cerca de la zona de indeterminación del modelo como también lo demuestran Levin et al. (2003). Por su parte, Orphanides y Williams (2006) encuentran que incluir expectativas de las variables en las reglas no suele generar mejores resultados en comparación con las reglas convencionales cuando el horizonte de la inflación es de más de un año, aunque una respuesta híbrida entre adelantos y tiempo actual si podría generar ganancias, sobre todo, los autores encuentran que puede ser deseable una regla que sea *forward looking* solo en la inflación, algo que se analiza a profundidad en la sección 6.1.3.

Para profundizar en los costos del bienestar asociados a la regla de política que describe el comportamiento de Banxico, la figura 3 muestra la EC en función de los parámetros de política, es decir, en cada uno de los paneles se muestra el cambio en la EC por variar ϕ_{π} , ϕ_Y y ϕ_{dS} en pasos de 0.01 dejando todo lo demás constante en los valores estimados. En el panel (a) se observa que la función de pérdida del bienestar relacionada

con el parámetro ϕ_{π} tiene una forma asintótica, esto es, entre mayor sea la reacción del banco central a la inflación, la pérdida de bienestar se reduce pero con una pendiente que tiende a cero conforme el parámetro tiende a valores altos, lo que corrobora la importancia que tiene la estabilización de precios para mejorar el bienestar social en una economía con rigideces de precios, sin embargo, la disminución en la pérdida de bienestar deja de ser significativa en determinado punto y seguir aumentando el parámetro no tiene efectos importantes.

Figura 3. El papel de los parámetros en la pérdida del bienestar



Fuente: elaboración propia con datos de Banxico, INEGI y FRED.

Con respecto al parámetro ϕ_{γ} , la función tiene una forma convexa con un mínimo en 0.46, en contraste con el 0.23 de la reacción estimada por parte de Banxico, lo cual implica que si hay espacio para una mayor atención del banco central hacia movimientos de la brecha del producto dejando los demás parámetros de política constantes, pero a partir de 0.46 seguir aumentando ϕ_{γ} hace que también aumente la pérdida de bienestar a un ritmo creciente. El mínimo de la función en 0.46 no coincide con el 0.9 de la regla empírica

optimizada del cuadro 6, esta diferencia se debe a que en la figura 3 los demás parámetros de política se mantienen fijos en sus valores estimados, mientras que en el cuadro 6 están fijos en sus valores óptimos. Esto último sugiere que una mayor reacción a la inflación da espacio para una mayor respuesta de la producción.

El panel (c) muestra lo que sucede cuando se modifica la reacción al tipo de cambio nominal y se encuentra que el valor que reduce la pérdida del bienestar es 0, conforme mayor sea la reacción del banco central al tipo de cambio nominal, la función de pérdida de bienestar aumenta monótonamente, al menos en el intervalo $[0, 3]$. Los costos de reaccionar al tipo de cambio se pueden explicar a partir del supuesto de rigideces de precio en los sectores de importación y su relación con la inflación. Adolfson (2007) señala que una de las ventajas teóricas de reaccionar al tipo de cambio nominal, es que permiten contemplar posibles movimientos en la inflación generados por movimientos en el precio de bienes importados, sin embargo, si el traspaso es incompleto, los impulsos inflacionarios del tipo de cambio nominal (término empleado por el autor), no serían tan fuertes y no tendría sentido intentar estabilizar dicha variable.

Por último, en el panel (d) se agrupan las tres funciones previas con la finalidad de dimensionar el papel de cada parámetro en la pérdida del bienestar. Destaca la importancia de no reaccionar al tipo de cambio nominal, ya que es el parámetro que, en proporción, puede generar una pérdida de bienestar mayor, seguido de ϕ_Y y al final la respuesta a la inflación, ϕ_π , parámetro que tiene un papel menor siempre y cuando se garantice el principio de Taylor. Adicionalmente, del panel (d) se puede concluir que a partir de valores superiores a 1.5, la ganancia en el bienestar de seguir aumentando ϕ_π es despreciable, lo que explica porque la diferencia entre la EC de la regla empírica y la EC de la regla empírica optimizada del cuadro 6 es tan pequeña, aun cuando el valor de ϕ_π difiere considerablemente entre ambas reglas, pero por la forma asintótica, la diferencia en términos de bienestar es trivial.

Los ejercicios contrafactuales presentados en esta sección tienen dos implicaciones importantes, la primera es que, en una economía como la mexicana, con los parámetros estimados y la distribución de los choques exógenos, existe espacio para una mayor

reacción por parte del banco central hacía la producción, aunque este es limitado. Esto contrasta con los resultados que se suelen encontrar para una economía cerrada, por ejemplo, Schmitt-Grohé y Uribe (2007) encuentran que reaccionar a la producción es muy costoso en términos del bienestar y aunque la forma (convexa) de la función de pérdida se mantiene, en el trabajo de los autores el mínimo se encuentra cuando $\phi_Y = 0$, inclusive, cuando los modelos se expanden añadiendo rigideces en otros sectores como el financiero, la respuesta óptima continua siendo no reaccionar a la producción (Faia y Monacelli; 2007; Poutineau y Vermandel, 2017).

La respuesta positiva a la producción de las reglas optimizadas de este trabajo quizá surge porque las rigideces en diferentes sectores generan que el banco central enfrente *trade-offs* y, por tanto, estabilizar la inflación no equivale a estabilizar otras variables (Erceg et al., 2000; Monacelli, 2005; Corsetti et al., 2010). Un ejemplo de lo anterior es el trabajo de Adolfson (2007) quien, al incluir traspaso incompleto del tipo de cambio, obtiene que el valor óptimo para ϕ_Y es positivo, no obstante, el autor encuentra que el cociente ϕ_π/ϕ_Y óptimo en un modelo calibrado es apenas superior a 1, resultado que se asemeja más a un régimen de mandato dual.

En segundo lugar, resalta la importancia de no reaccionar al tipo de cambio nominal, resultado circunscrito en la discusión denominada en la literatura como el isomorfismo de la economía abierta, sin embargo, debido al supuesto de traspaso incompleto, esto último podría no ser cierto para el tipo de cambio real (Adolfson, 2007; Corsetti et al., 2010).

6.1.2. Tasa de crecimiento del PIB como alternativa a la brecha del producto

Una de las grandes limitaciones de las reglas tipo Taylor tradicional, es que recaen en el cálculo del PIB potencial o la brecha del producto, para lo cual se suelen usar filtros estadísticos como el filtro HP o emplear alguna medida teórica del PIB natural o eficiente, lo que requiere conocer el estado estacionario determinístico que puede ser específico de los supuestos empleados en cada modelo. Una solución que se ha estudiado en la literatura es sustituir en la regla de política la brecha del producto por alguna otra medida del ciclo

económico que sea fácilmente observable, la alternativa que resulta más natural es emplear tasas de crecimiento (Schmitt-Grohé y Uribe, 2006; Cochrane et al., 2020), por ende, esta sección atiende a esta discusión y examina las consecuencias de emplear la tasa de crecimiento bruta del PIB a diferentes horizontes como indicador del ciclo económico, esto es, en la ecuación (67) se sustituye Y_t/Y por Y_t/Y_{t-i} con $i = 1, 4, 8$ y 12 .

Como en la sección anterior, se presentan resultados para reglas con parámetros calibrados (en los valores estimados) y también para reglas optimizadas. Según el cuadro 7, de las reglas calibradas las que tienen mejor desempeño son aquellas que se enfocan en la tasa de crecimiento del PIB a horizontes de dos y tres años, sin embargo, analizando la EC, se observa que usar la tasa de crecimiento del PIB comparado con usar la brecha del producto no mejora la pérdida de bienestar, es decir, las reglas con tasa de crecimiento del PIB tienen un desempeño similar a las reglas analizadas en el cuadro 6. En cuanto a las reglas optimizadas, la que mostró mejor desempeño es la que contempla el crecimiento anual del PIB con un EC de 0.0581%, en donde la búsqueda de parámetros óptimos arrojó que sigue siendo deseable no reaccionar al tipo de cambio. Schmitt-Grohé y Uribe (2007) llegan a la misma conclusión mediante un modelo de economía cerrada y distorsiones en el estado estacionario no estocástico. Los autores señalan que la regla con la tasa de crecimiento de la producción provoca un nivel de bienestar prácticamente idéntico a las reglas tradicionales.

Si bien las reglas con tasas de crecimiento no parecen mejorar a las reglas que contienen la brecha del PIB, tienen la ventaja de que evitan la incertidumbre de un cálculo erróneo del PIB potencial. Smets (2002) y Taylor y Williams (2010) comentan que las reglas de política monetaria optimizadas en entornos controlados tienden a proponer una respuesta a la producción menor cuando existen errores de medición en la brecha del PIB, tratando de cierta manera de compensar el ruido y la incertidumbre que introducen estos errores en la estimación de los modelos. Este argumento podría explicar el alto coeficiente de reacción a la tasa de crecimiento trimestral del PIB con un 1.2, valor por encima del 0.9 de la regla empírica optimizada. En conclusión, si bien el desempeño en términos de

bienestar no parece ser diferente, las reglas con tasa de crecimiento del PIB podrían tener ciertas ventajas al reducir la incertidumbre.

Cuadro 7. Reglas de política con tasas de crecimiento del PIB

$R_t/R = (R_{t-1}/R)^{\phi_R} (\Pi_t^c/\Pi^c)^{\phi_\Pi} (Y_t/Y_{t-i})^{\phi_Y} (dS)^{\phi_{dS}})^{1-\phi_R}$ con $i = 1, 4, 8, 12$					
Regla	ϕ_Π	ϕ_Y	ϕ_{dS}	$\mathcal{W}$	EC (%)
Reglas calibradas					
Con $i = 1$	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6933	0.0982
Con $i = 4$	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6794	0.0844
Con $i = 8$	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6738	0.0790
Con $i = 12$	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6771	0.0822
Reglas optimizadas					
Con $i = 1$	3	1.2	0	-99.6702	0.0754
Con $i = 4$	3	0.8	0	-99.6525	0.0581
Con $i = 8$	3	0.7	0	-99.6533	0.0588
Con $i = 12$	3	0.6	0	-99.6585	0.0640

Fuente: elaboración propia.

Nota: La pérdida de bienestar o EC es relativa al régimen de IE.

6.1.3. Medidas alternativas de la inflación

Considerando que el enfoque de reglas de política monetaria implica tomar un pequeño número de variables que reflejen la realidad macroeconómica de un país para tomar decisiones de política, en donde la inflación tiene un papel preponderante, una de las preguntas cruciales en la literatura es que medida de la inflación es mejor perseguir como objetivo, ya sea la inflación de bienes de consumo, de bienes domésticos o inclusive la inflación de salarios para modelos que incluyen explícitamente el mercado de trabajo.

Por las características del modelo, en esta sección se analizan solo dos tipos de inflación, la de bienes producidos domésticamente y la de bienes de consumo. En ambos casos se prueban las consecuencias para el bienestar social de perseguir la inflación a horizontes temporales más alejados, es decir, no solo a la inflación trimestral como se había

hecho hasta ahora, sino también reglas en donde se persigue la inflación semestral, anual o inclusive de varios años atrás, pues autores como Taylor y Williams (2010) argumentan que este tipo de reglas podrían ser favorables porque permiten suavizar los movimientos de la tasa de interés y evitan de que el banco central modifique la tasa de referencia ante movimientos transitorios en la inflación.

En lo que concierne a la inflación de bienes de consumo (Π_t^c), el primer bloque del cuadro 8 muestra el resultado para las reglas calibradas. La pérdida de bienestar es similar entre las reglas de este bloque, pero, en general, perseguir la inflación a bajas frecuencias si mejora a la regla empírica con una diferencia de más de 0.01%. En el segundo bloque se constata que la regla optimizada que muestra una menor pérdida del bienestar es la que incluye la inflación semestral de bienes de consumo. Por otra parte, los valores óptimos encontrados en el *grid search* para las reglas optimizadas siguen indicando una política que se abstrae completamente de reaccionar al tipo de cambio nominal.

Cuadro 8. Reglas de política con inflación de bienes de consumo

$R_t/R = (R_{t-1}/R)^{\phi_R} \left((\Pi_{t,t-i}^c/\Pi^c)^{\phi_\Pi} (Y_t/Y)^{\phi_Y} (dS)^{\phi_{dS}} \right)^{1-\phi_R}$ con $i = 2, 4, 8$ y 12					
Regla	ϕ_Π	ϕ_Y	ϕ_{dS}	$\mathcal{W}$	EC (%)
Reglas calibradas					
Con $\Pi_{t,t-2}^c$ (semestral)	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6611	0.0665
Con $\Pi_{t,t-4}^c$ (anual)	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6588	0.0642
Con $\Pi_{t,t-8}^c$ (bianual)	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6593	0.0647
Con $\Pi_{t,t-12}^c$ (trianual)	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6592	0.0646
Reglas optimizadas					
Con $\Pi_{t,t-2}^c$ (semestral)	3	0.6	0	-99.6442	0.0498
Con $\Pi_{t,t-4}^c$ (anual)	3	0.6	0	-99.6455	0.0511
Con $\Pi_{t,t-8}^c$ (bianual)	3	0.5	0	-99.6494	0.0549
Con $\Pi_{t,t-12}^c$ (trianual)	3	0.5	0	-99.6484	0.0540

Fuente: elaboración propia.

Nota: la inflación a diferentes periodos se calculó como P_t^c/P_{t+i}^c con $i = 2, 4, 8, 12$. Al ser datos trimestrales, cuando $i=2$ se refiere a la inflación semestral, $i=4$ representa la inflación anual y los rezagos 8 y 12 es la inflación a dos y tres años respectivamente. La pérdida de bienestar es relativa al régimen de IE.

El cuadro 9 muestra el mismo ejercicio que el cuadro anterior, pero con la inflación de bienes domésticos (Π_t) a diferentes horizontes, incluida la inflación trimestral. Comparando las EC de los cuadros 8 y 9, se observa que las reglas que incluyen Π_t tienen un mejor desempeño que las reglas que se enfocan en Π_t^c , con pérdidas del bienestar menores, comparando los bloques de reglas calibradas y optimizadas. Las reglas que exhiben una menor pérdida de bienestar tanto con parámetros calibrados como optimizados son las que persiguen la inflación anual, con una EC de 0.0094% y 0.0047% respectivamente.

Cuadro 9. Reglas de política con inflación de bienes domésticos

$R_t/R = (R_{t-1}/R)^{\phi_R} \left((\Pi_{t,t-i}/\Pi)^{\phi_\Pi} (Y_t/Y)^{\phi_Y} (dS)^{\phi_{dS}} \right)^{1-\phi_R}$ con $i = 0, 2, 4, 8$ y 12					
Regla	ϕ_Π	ϕ_Y	ϕ_{dS}	$\mathcal{W}$	EC (%)
Reglas calibradas					
Con Π_t (trimestral)	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6330	0.0388
Con $\Pi_{t,t-2}$ (semestral)	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6077	0.0140
Con $\Pi_{t,t-4}$ (anual)	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6030	0.0094
Con $\Pi_{t,t-8}$ (bianual)	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6041	0.0105
Con $\Pi_{t,t-12}$ (trianual)	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6051	0.0114
Reglas optimizadas					
Con Π_t (trimestral)	3	0.5	0	-99.6074	0.0137
Con $\Pi_{t,t-2}$ (semestral)	3	0.6	0	-99.5994	0.0059
Con $\Pi_{t,t-4}$ (anual)	3	0.6	0	-99.5983	0.0047
Con $\Pi_{t,t-8}$ (bianual)	3	0.5	0	-99.5993	0.0058
Con $\Pi_{t,t-12}$ (trianual)	3	0.5	0	-99.5998	0.0063

Fuente: elaboración propia.

Nota: la inflación a diferentes periodos se calculó como P_t/P_{t-i} con $i = 2, 4, 8, 12$. Al ser datos trimestrales, cuando $i=2$ se refiere a la inflación semestral, $i= 4$ representa la inflación anual y los rezagos 8 y 12 es la inflación a dos y tres años respectivamente. La pérdida de bienestar es relativa al régimen de IE.

Con respecto a los valores encontrados en el *grid search*, sigue siendo deseable no reaccionar al tipo de cambio y una respuesta fuerte a la inflación acompañada de una reacción media a los movimientos del ciclo económico. Lo que más destaca de este

ejercicio es la mejora del bienestar cuando el banco central se enfoca en la inflación de bienes domésticos por sobre la inflación de bienes de consumo, puesto que todas las reglas con la inflación doméstica superaron a su contraparte con inflación de bienes de consumo.

Cuadro 10. Reglas de política basadas en pronósticos de la inflación

$R_t/R = (R_{t-1}/R)^{\phi_R} E_t \left(\left(\Pi_{t,t+i}^j / \Pi^j \right)^{\phi_\pi} (Y_t/Y)^{\phi_Y} (dS)^{\phi_{dS}} \right)^{1-\phi_R} \text{ con } i = 2, 4$					
Regla	ϕ_π	ϕ_Y	ϕ_{dS}	$\mathcal{W}$	EC (%)
Reglas calibradas					
Con $\Pi_{t,t+2}^c$ (semestral)	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6612	0.0666
Con $\Pi_{t,t+4}^c$ (anual)	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6566	0.0620
Con $\Pi_{t,t+2}$ (semestral)	1.7836	0.2327	0.0087	-99.6054	0.0117
Con $\Pi_{t,t+4}$ (anual)	1.7836	0.2327	0.0087	-99.5970	0.0035
Reglas optimizadas					
Con $\Pi_{t,t+2}^c$ (semestral)	3	2.1	0	-99.6612	0.0445
Con $\Pi_{t,t+4}^c$ (anual)	2.3	3	0	-99.5994	0.0362
Con $\Pi_{t,t+2}$ (semestral)	3	0.7	0	-99.5973	0.0038
Con $\Pi_{t,t+4}$ (anual)	3	1.1	0	-99.5938	0.0004

Fuente: elaboración propia.

Nota: la inflación a diferentes periodos se calculó como P_{t+i}/P_t con $i = 2, 4$. Al ser datos trimestrales, cuando $i=2$ se refiere a la inflación semestral, $i=4$ representa la inflación anual. La pérdida de bienestar es relativa al régimen de IE.

En el cuadro 10 se analiza el bienestar que acompaña a las reglas que son *forward looking* solo en la inflación o también denominadas reglas basadas en pronósticos de la inflación, siguiendo la discusión de Orphanides y Williams (2006) quienes plantean que una regla de este tipo podría tener efectos favorables en el bienestar social. De nuevo las reglas que generaron un mayor nivel de bienestar son las que emplean la inflación de bienes domésticos, además, tanto en las reglas calibradas como optimizadas, el horizonte óptimo es la inflación con expectativas a un año (no se analizaron horizontes mayores porque estaban muy cerca de zonas de indeterminación). Las reglas optimizadas con la inflación de consumo sugieren una muy fuerte respuesta a la producción, en contraste, las reglas optimizadas con la inflación de bienes domésticos proponen una respuesta más cautelosa.

Lo más importante a resaltar es que, las reglas *forward looking* en inflación doméstica generan una pérdida de bienestar significativamente baja, de hecho, la regla optimizada con pronósticos de la inflación doméstica anual genera prácticamente el mismo bienestar que el régimen de referencia (IE) con un EC de solo 0.0004%.

Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Galí y Monacelli (2005) quienes, al explorar ambas medidas de la inflación encuentran que son superior las reglas que persigue la estabilidad de precios producidos domésticamente, aunque la diferencia encontrada en su trabajo es mínima. Para un escenario de traspaso incompleto del tipo de cambio Monacelli (2005) realiza el mismo ejercicio y también encuentra un desempeño superior en las reglas con la inflación doméstica. Como señala, Adolfson (2007) la mejor medida de la inflación puede estar influida por los parámetros estructurales que definen las preferencias de los consumidores.

CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes reglas simples de política monetaria sobre el bienestar de la sociedad en México. Para ello, se estimó un modelo DSGE con técnicas bayesianas utilizando datos del periodo 2001-2020. El modelo se caracterizó por ser de pequeña economía abierta con rigideces de precios y traspaso incompleto del tipo de cambio, al estilo de Adolfson et al. (2007). Posteriormente, se realizó una aproximación de segundo orden tanto de la función de bienestar como de las demás ecuaciones del modelo, siguiendo el enfoque de Schmitt-Grohé y Uribe (2007). Esto permitió evaluar reglas sin la necesidad de imponer supuestos poco realistas, como impuestos que deshacen las distorsiones generadas por la competencia monopolística o la ausencia del capital. Las reglas se evaluaron en dos aspectos: por un lado, se probaron diferentes indicadores de las variables; por otro lado, se derivaron reglas optimizadas, es decir, se estudió el valor óptimo de los coeficientes mediante la técnica *grid search*.

Dentro de los resultados, se obtuvo que las reglas que incorporan la inflación de bienes domésticos muestran un desempeño superior en términos de bienestar en comparación con aquellas que reaccionan a la inflación de bienes de consumo. Además, se observó que el bienestar se maximiza al emplear reglas basadas en pronósticos de la inflación, confirmando los hallazgos de Orphanides y Williams (2006) para una economía cerrada. Otro resultado a destacar es que las reglas que incluyen la tasa de crecimiento del PIB no superan a las reglas que emplean la brecha del producto (medida como las desviaciones de la producción respecto a su nivel de estado estacionario), pero podrían reducir la incertidumbre asociada al cálculo de variables latentes (Edge et al., 2010).

Con relación a los parámetros, la regla empírica o estimada confirmó que Banxico prioriza el control de la inflación, con un valor de 1.7836 para el coeficiente de reacción a esta variable, mientras que solo asigna un valor de 0.2327 a la producción. Además, se encontró que Banxico apenas reacciona a las fluctuaciones de la tasa de depreciación nominal, con un coeficiente de reacción de 0.0087. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Zamarripa (2021), quien documenta una reducción en la reacción

observada del banco central hacia las fluctuaciones del tipo de cambio nominal y de la producción en los últimos años.

En los ejercicios contrafactuales, se encontró que, tomando de referencia la regla empírica, la EC o pérdida del bienestar en función del parámetro de la inflación exhibe una forma asintótica, lo que significa que, a partir de cierto punto, aumentos adicionales de dicho parámetro generan una ganancia mínima en el bienestar. En contraste, se identificó que, para el parámetro del tipo de cambio nominal, la función de pérdida del bienestar es monótonamente creciente dentro del intervalo analizado. Para el parámetro de la producción, la EC mostró una forma convexa, alcanzando su punto mínimo en valores positivos del parámetro. Esto contrasta con los resultados de Schmitt-Grohé y Uribe (2007) para una economía cerrada, en donde el mínimo se encuentra cuando el parámetro es igual a cero. A su vez, la forma convexa implica que una respuesta muy alta a la producción podría aumentar la pérdida de bienestar a un ritmo creciente.

Cuando se analizan las reglas optimizadas, se observa que los coeficientes de reacción parecen ser robustos y consistentes, incluso al modificar los indicadores económicos en las reglas. En términos generales, se ratificó la importancia de mantener la estabilidad de precios para el bienestar, ya que los valores óptimos encontrados para los coeficientes de reacción a las diferentes medidas de la inflación se localizaron en los extremos del intervalo en prácticamente todas las reglas optimizadas. Asimismo, se halló que el coeficiente óptimo de reacción al tipo de cambio nominal es cero, con excepción de las reglas plenamente *forward looking* que apuntaban a una reacción positiva y elevada, no obstante, estas se encontraban muy cerca de zonas de indeterminación. En el caso del parámetro de la producción, este se situó entre valores de 0.5 y 1, y solo en 4 de 23 reglas optimizadas se obtuvo un coeficiente superior a 1.

Los resultados sobre los coeficientes de reacción en las distintas reglas tienen especial relevancia en la discusión actual sobre el rol de la política monetaria en México y su papel en el pobre desempeño económico de las últimas décadas, ya que, en cierta medida, los coeficientes reflejan los objetivos que persigue el banco central. En este sentido, retomando la discusión que plantean autores como Ros (2013) o Loría (2016) sobre

flexibilizar la política monetaria en el país, se mostró que, aunque existe margen para dar una mayor respuesta a las fluctuaciones de la producción, este es limitado y, como demostró la regla de mandato dual, un excesivo activismo con respecto a la producción puede resultar en pérdidas significativas de bienestar. Respecto a la discusión sobre el tipo de cambio nominal, los resultados sugieren que, incorporar esta variable en la regla de política monetaria para adelantarse a futuras presiones inflacionarias tendría efectos negativos en el país.

En resumen, este estudio contribuye al debate de la política monetaria en México al comparar los valores de los parámetros de la regla empírica (es decir, el comportamiento observado de Banxico) con los que se encontraron en las reglas optimizadas, con un enfoque poco explorado en el país, como lo es el análisis contrafactual de bienestar mediante modelos estructurales. De este ejercicio se puede concluir que, en términos de ponderaciones relativas, las reglas que maximizan el bienestar son las que le dan mayor énfasis a la inflación que a la producción (reflejado por el cociente ϕ_{π}/ϕ_Y), y que omiten el tipo de cambio nominal. Con ello, el trabajo aporta evidencia a favor de la postura de Banxico sobre la prioridad de mantener la estabilidad de precios, ya que un ratio ϕ_{π}/ϕ_Y muy bajo (como con la regla de mandato dual), o ser más reactivo a movimientos del tipo de cambio nominal, podría disminuir el bienestar significativamente.

Además, este último hallazgo con relación al tipo de cambio representa una contribución relevante a la literatura de reglas de política monetaria en pequeñas economías abiertas, posicionándose a favor del isomorfismo de la política monetaria entre economías abiertas y cerradas (Corsetti et al., 2010). No obstante, es importante señalar que no se analizaron reglas que incorporen al tipo de cambio real o a los términos de intercambio para poner a prueba la robustez de los resultados. Esto representa una ampliación relevante de este trabajo para futuras investigaciones, ya que, como señala Adolfson (2007) una regla con el tipo de cambio real podría arrojar resultados distintos que las reglas con el tipo de cambio nominal.

Sumado a los hallazgos del presente estudio sobre el valor de los coeficientes y los objetivos del banco central, se debe enfatizar en el resultado que muestra que las reglas

basadas en pronósticos de la inflación de bienes domésticos generaron una reducción considerable en la pérdida de bienestar. De hecho, el nivel de bienestar alcanzado con estas reglas es superior al de las demás. Esto acentúa tres recomendaciones adicionales en materia de política monetaria en México. En primer lugar, plantea interrogantes sobre la medida de la inflación que se utiliza en los modelos macroeconómicos y en los comunicados del banco central, ya que, habitualmente, se utiliza la inflación construida a partir del INPC. En segundo lugar, el resultado indica que, para el país, la discusión sobre política monetaria no debe centrarse únicamente en el valor de los coeficientes, sino que también es importante analizar los indicadores económicos que se incorporan en las reglas de tasas de interés. Por último, este hallazgo muestra la importancia que tiene para Banxico realizar buenos pronósticos de inflación para tomar decisiones de política y que es fundamental estabilizar las expectativas de inflación para lograr la estabilidad macroeconómica.

Otra limitación importante del modelo que se suma a la ausencia del tipo de cambio real es el supuesto de indexación completa a la inflación pasada. Cuando se estima un modelo con inflación positiva en el estado estacionario, surgen problemas de indeterminación en el modelo con el valor de ciertos parámetros. Estos problemas se pueden solucionar mediante el supuesto de indexación ya sea parcial o completa. Sin embargo, Ascari y Sbordone (2014) señalan que, teóricamente, este supuesto niega los efectos de la tendencia de la inflación en el estado estacionario, mientras que, empíricamente, tampoco se ha encontrado una justificación sólida para incluir indexaciones de precios a la inflación pasada o a la del estado estacionario. En realidad, más que un argumento económico, la indexación es una herramienta matemática que ayuda a mitigar los problemas de indeterminación. En consecuencia, abandonar este supuesto podría tener implicaciones importantes en la configuración de la política monetaria óptima.

Por otra parte, para entender el alcance de la investigación, es relevante abordar las limitaciones y críticas a los modelos DSGE en un contexto más amplio, que no se limite únicamente a los supuestos del modelo en particular. Como han destacado autores como Lindé (2018) y Stiglitz (2018), en los últimos años se ha cuestionado la utilidad de los modelos DSGE para el análisis de política monetaria, especialmente a raíz de la CFG,

debido a su falta de capacidad para predecir y ofrecer respuestas a la crisis de 2008. Estas críticas van dirigidas tanto a los supuestos teóricos de los modelos canónicos, como a la forma en que se determinan las creencias previas en las estimaciones Bayesianas, ya que, en ambos casos, se suelen imponer restricciones de manera *ad hoc*, sin tomar en cuenta la información o los mecanismos que provienen de los datos microeconómicos.

Sin embargo, Blanchard (2018) menciona que, a pesar de estas críticas, los modelos DSGE no deben ser descartados para el análisis de política macroeconómica, sino que deben ser mejorados. En palabras del autor, estos modelos deberían ser menos insulares, es decir, abrirse a otras áreas del conocimiento para que estas aporten nueva información, sobre todo al momento de formar creencias previas más robustas sobre el comportamiento de los agentes económicos cuando se emplean técnicas Bayesianas. Además, el autor sostiene que se debe reconocer que diferentes modelos sirven para diferentes propósitos y que no siempre son necesarios modelos totalmente estructurales.

Finalmente, si bien los resultados en este estudio ofrecen información relevante sobre la confección de la política monetaria en México, se debe advertir que los resultados podrían estar condicionados a los supuestos específicos del modelo o a la omisión de ciertas características que podrían ser relevantes para capturar la dinámica macroeconómica del país. Con lo cual, es importante seguir desarrollando la literatura con este tipo de modelos, ampliándolos en distintas dimensiones, como explorar modelos que añadan rigideces en el mercado de trabajo, fricciones en el sistema financiero, incorporar más rigideces reales para que el modelo replique mejor los segundos momentos estadísticos encontrados en los datos o formar creencias previas más robustas que se apeguen a la realidad microeconómica de México. Estas extensiones del modelo, que ya se han implementado en el análisis de política monetaria en otros países, enriquecería a la literatura existente que emplea modelos en forma reducida, ya que, como se mencionó anteriormente, los modelos estructurales y en forma reducida no son modelos que compiten entre sí, sino que pueden llegar a complementarse y, de esta manera, aportar las regularidades empíricas necesarias para comprender los efectos de la política monetaria sobre el bienestar social del país.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M. (2018). Un análisis de cambio estructural en la persistencia de la inflación en México usando la regresión cuantílica. *El Trimestre Económico*, 85(337), 169-193. <https://doi.org/10.20430/ete.v85i337.663>
- Adjemian, S., Darracq, M., y Moyen, S. (2007). Optimal monetary policy in an estimated DSGE for the euro area. *ECB Working Paper Series* (803).
- Adolfson, M. (2007). Incomplete exchange rate pass-through and simple monetary policy rules. *Journal of International Money and Finance*, 26(3), 468-494. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2007.01.005>
- Adolfson, M., Laséen, S., Lindé, J., y Svensson, L. (2011). Optimal monetary policy in an operational medium-sized DSGE model. *Journal of Money, Credit and Banking*, 43(7), 1287-1331. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4616.2011.00426.x>
- Adolfson, M., Laséen, S., Lindé, J., y Svensson, L. (2014). Monetary policy trade-offs in an estimated open-economy DSGE model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 42(C), 33-49. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2014.02.012>
- Adolfson, M., Laséen, S., Lindé, J., y Villani, M. (2007). Bayesian estimation of an open economy DSGE model with incomplete pass-through. *Journal of International Economics*, 72(2), 481-511. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2007.01.003>
- Adolfson, M., Laséen, S., Lindé, J., y Villani, M. (2008). Evaluating an estimated New Keynesian small open economy model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 32(8), 2690-2721. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2007.09.012>
- Afrin, S. (2019). Does oligopolistic banking friction amplify small open economy's business cycles? Evidence from Australia. *Economic Modelling*, 85, 119-138. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2019.05.011>
- Aguiar, M., y Gopinath, G. (2007). Emerging market business cycles: The cycle Is the trend. *Journal of Political Economy*, 115(1), 69-102. <https://doi.org/10.1086/511283>
- Alves, S. (2014). Lack of divine coincidence in New Keynesian models. *Journal of Monetary Economics*, 67, 33-46. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2014.07.002>
- Ampudia, M., Georgarakos, D., Slacalek, J., Tristani, O., Vermeulen, P., y Violante, G. (2018). Monetary policy and household inequality. *ECB Working Paper* (2170).
- An, S., y Schorfheide, F. (2007). Baysian analysis of DSGE models. *Econometric Reviews*, 26(2-4), 113-172. <https://doi.org/10.1080/07474930701220071>

- André, M., y Traficante, G. (2021). Forward Guidance in an advanced small open economy in the effective lower bound. *Banco de México Working Papers* (2021-16).
- Ascari, G., y Sbordone, A. (2014). The macroeconomics of trend inflation. *Journal of Economic Literature*, 52(3), 679-739. <https://doi.org/10.1257/jel.52.3.679>
- Auclert, A. (2019). Monetary policy and the redistribution channel. *American Economic Review*, 109(6), 2333-2367. <https://doi.org/10.1257/aer.20160137>
- Auclert, A., Straub, L., y Rognlie, M. (2020). Micro jumps, macro humps: monetary policy and business cycles in an estimated HANK model. *NBER Working Paper Series* (26647). <https://doi.org/10.3386/w26647>
- Bailliu, J., Meh, C., y Zhang, Y. (2015). Macroprudential rules and monetary policy when financial frictions matter. *Economic Modelling*, 50(2015), 148-161. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.06.012>
- Bajzik, J., y Schwarz, J. (2020). Estimating the Armington elasticity: The importance of study design and publication bias. *Journal of International Economics*, 127(3). <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2020.103383>
- Balke, N., y Emery, K. (1994). Understanding the Price Puzzle. *Economic and Financial Policy Review, Federal Reserve Bank of Dallas, Q IV*, 15-26.
- Ball, L. (1998). Policy rules for open economies. *NBER Working Papers* (6760). <https://doi.org/10.3386/w6760>
- Ball, L. (2000). Policy rules and external shocks. *Central Bank of Chile Working Papers* (82).
- Barro, R., y Gordon, D. (1983). Rules, discretion and reputation in a model of monetary policy. *Journal of Monetary Economics*, 12(1), 101-121. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(83\)90051-X](https://doi.org/10.1016/0304-3932(83)90051-X)
- Bauwens, L., y Korobilis, D. (2013). Bayesian methods. En N. Hashimzade, y M. Thornton, *Handbook of Research Methods and Applications in Empirical Macroeconomics* (págs. 363-380). Edward Elgar Publishing, Inc.
- Baxter, M., y King, R. (1999). Measuring business cycles: approximate Band-Pass filters for economic time series. *The Review of Economics and Statistics*, 81(4), 575-593. <https://doi.org/10.1162/003465399558454>

- Benchimol, J., y Fourçans, A. (2019). Central bank losses and monetary policy rules: a DSGE investigation. *International Review of Economics & Finance*, 61(1), 289-303. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2019.01.010>
- Benigno, G., y Benigno, P. (2006). Designing targeting rules for international monetary policy cooperation. *Journal of Monetary Economics*, 53(3), 473-506. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2005.03.009>
- Benigno, P., y Woodford, M. (2005). Inflation Stabilization And Welfare: The Case Of A Distorted Steady State. *Journal of the European Economic Association*, 3(6), 1185-1236.
- Bernanke, B., y Gertler, M. (1995). Inside the black box: the credit channel of monetary policy transmission. *The Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 27-48. <https://doi.org/10.1257/jep.9.4.27>
- Bernanke, B. (1986). Alternative explanations of the money-income correlation. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 25(1), 49-99. [https://doi.org/10.1016/0167-2231\(86\)90037-0](https://doi.org/10.1016/0167-2231(86)90037-0)
- Bernanke, B., y Mishkin, F. (1997). Inflation targeting: a new framework for monetary policy. *Journal of Economic Perspective*, 11(2), 97-116. <https://doi.org/10.1257/jep.11.2.97>
- Bernanke, B., Gertler, M., y Gilchrist, S. (1999). The financial accelerator in a quantitative business cycle framework. En J. Taylow, y W. M., *Handbook of Macroeconomics* (págs. 1341-1393). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0048\(99\)10034-X](https://doi.org/10.1016/S1574-0048(99)10034-X)
- Best, G. (2013). Fear of floating or monetary policy as usual? A structural analysis of Mexico's monetary policy. *The North American Journal of Economics and Finance*, 24(C), 45-62. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2012.05.002>
- Beveridge, S., y Nelson, C. (1981). A new approach to decomposition of economic time series into permanent and transitory components with particular attention to measurement of the business cycle. *Journal of Monetary Economics*, 7, 151-174. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(81\)90040-4](https://doi.org/10.1016/0304-3932(81)90040-4)
- Blanchard, O. (2018). On the future of macroeconomic models. *Oxford Review of Economic Policy*, 34(1-2), 43-54. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grx045>
- Blanchard, O., y Galí, J. (2007). Real wage rigidities and the new Keynesian model. *Journal of Money, Credit and Banking*, 39(s1), 35-65. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4616.2007.00015.x>

- Blanchard, O., y Quah, D. (1989). The dynamic effects of aggregate demand and supply disturbances. *American Economic Review*, 79(4), 655-673.
- Blanchard, O., y Watson, M. (1986). Are Business Cycles All Alike? En National Bureau of Economic Research, *The American Business Cycle: Continuity and Change* (págs. 123-180).
- Boivin, J., Giannoni, M., y Mojon, B. (2008). How has the Euro changed the monetary transmission mechanism? *NBER Macroeconomics Annual*, 23(1).
- Born, B., y Pfeifer, J. (2014). Policy risk and the business cycle. *Journal of Monetary Economics*, 68(C), 68-85. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2014.07.012>
- Calderón, C., y Hernández, L. (2017). Integración económica, crisis económicas y ciclos económicos en México. *Contaduría y Administración*, 62(1), 64-84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cya.2016.10.001>
- Calvo, G. (1983). Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, 12(3), 383-398. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(83\)90060-0](https://doi.org/10.1016/0304-3932(83)90060-0)
- Campante, F., Sturzenegger, F., y Velasco, A. (2021). *Advanced macroeconomics: an easy guide*. Londres: LSE Press.
- Capistrán, C., Chiquiar, D., y Hernández, J. (2017). Identifying Dornbusch's exchange rate overshooting with Structural VECs: Evidence from México. *Banco de México Working Papers* (2017-11).
- Capistrán, C., Ibarra-Ramírez, R., y Ramos-Francia, M. (2011). El traspaso de movimientos del tipo de cambio a los precios: un análisis para la economía mexicana. *Banco de México Working Papers* (2011-12).
- Carlin, W., y Soskice, D. (2006). *Macroeconomics: imperfections, institutions and policies*. Oxford University Press.
- Carrillo, J., y Elizondo, R. (2015). How robust are SVARs at measuring monetary policy in small open economies? *Banco de México Working Papers* (18).
- Carstens, A., y Reynoso, A. (1997). Alcances de la política monetaria: marco teórico y regularidades empíricas en la experiencia mexicana. *Gaceta de Economía*, 3(5), 13-57.
- Castelnuovo, E. (2003). Describing the Fed's conduct with Taylor rules: is interest rate smoothing important? *ECB Working Paper Series* (232).

- Cermeño, R., Villagómez, A., y Orellana, J. (2012). Monetary policy rules in a small open economy: An application to Mexico. *Journal of Applied Economics*, 15(2), 259-286. [https://doi.org/10.1016/S1514-0326\(12\)60012-9](https://doi.org/10.1016/S1514-0326(12)60012-9)
- Cernichiaro, C. (2018). Regla de Taylor y mecanismo de transmisión de la política monetaria en una economía nueva keynesiana: evidencia para México. *Panorama Económico*, 14(27), 39-62.
- Christiano, L. (2012). Christopher A. Sims and Vector Autoregressions. *The Scandinavian Journal of Economics*, 114(4), 1082-1104. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9442.2012.01737.x>
- Christiano, L., Eichenbaum, M., y Evans, C. (2005). Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy. *Journal of Political Economy*, 113(1), 1-45. <https://doi.org/10.1086/426038>
- Christiano, L., Trabandt, M., y Walentin, K. (2010). DSGE models for monetary policy analysis. En B. Friedman, y M. Woodford, *Handbook of Monetary Economics* (1 ed., Vol. 3, págs. 285-367). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53238-1.00007-7>
- Christiano, L., Trabandt, M., y Walentin, K. (2011). Introducing financial frictions and unemployment into a small open economy model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 35(12), 1999-2041. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2011.09.005>
- Ciccarelli, M., Maddaloni, A., y Peydró, J.-L. (2015). Trusting the bankers: A new look at the credit channel of monetary policy. *Review of Economic Dynamics*, 18(4), 979-1002. <https://doi.org/10.1016/j.red.2014.11.002>
- Clarida, R. (2014). Monetary policy in open economies: Practical perspectives for pragmatic central bankers. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 49, 21-30. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2014.09.036>
- Clarida, R., Galí, J., y Gertler, M. (1999). The science of monetary policy: a new keynesian perspective. *Journal of Economic Literature*, 37(4), 1661-1707. <https://doi.org/10.1257/jel.37.4.1661>
- Clarida, R., Gali, J., y Gertler, M. (2000). Monetary policy rules and macroeconomic stability: evidence and some theory. *The Quarterly Journal of Economics*, 115(1), 147-180. <https://doi.org/10.1162/003355300554692>

- Clarida, R., Galí, J., y Gertler, M. (2002). A simple framework for international monetary policy analysis. *Journal of Monetary Economics*, 49(5), 879-904. [https://doi.org/10.1016/S0304-3932\(02\)00128-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3932(02)00128-9)
- Cloyne, J., Ferreira, C., y Surico, P. (2020). Monetary policy when households have debt: new evidence on the transmission mechanism. *The Review of Economic Studies*, 87(1), 102-129. <https://doi.org/10.1093/restud/rdy074>
- Cochrane, J. (2005). *Asset pricing: Revised edition*. Princeton University Press.
- Cochrane, J. (2007). Inflation determination with Taylor rules: a critical review. *NBER Working Paper Series*(13409).
- Cochrane, J., Taylor, J., y Wieland, V. (2020). Evaluating rules in the FED's report and measuring discretion. En J. Cochrane, y J. Taylor, *Strategies for Monetary Policy* (págs. 217-258). Hoover Institution Press, Stanford University.
- Coeurdacier, N., Rey, H., y Winant, P. (2011). The risky steady state. *American Economic Review*, 101(3), 398-401. <https://doi.org/10.1257/aer.101.3.398>
- Collard, F., Dellas, H., y Diba, B. (2017). Optimal monetary and prudential policies. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 9(1), 40-87. <https://doi.org/10.1257/mac.20140139>
- Corsetti, G., Dedola, L., y Leduc, S. (2010). Optimal monetary policy in open economies. En B. Friedman, y M. Woodford, *Handbook of Monetary Economics* (págs. 861-934). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53454-5.00004-9>
- Cortés, J. (2013). Una estimación del traspaso de las variaciones en el tipo de cambio a los precios en México. *Banco de México Working Papers*(2013-02).
- Costa, C. (2016). *Understanding DSGE: Theory and practice*. Vernon Press: Series in Economic Methodology.
- Cúrdia, V., Ferrero, A., Ng, G., y Tambalotti, A. (2011). Evaluating interest rate rules in an estimated DSGE model. *Federal Reserve Bank of New York Staff Reports* (510).
- Davig, T., y Leeper, E. (2005). Generalizing the Taylor principle. *NBER Working Paper Series* (11874). <https://doi.org/10.3386/w11874>
- De la Peña, R. (2021). Should monetary policy lean against the wind in a small open economy? Revisiting the Tinbergen rule. *Banco de México Working Papers*, 2021-01.

- De Paoli, B. (2009). Monetary policy and welfare in a small open economy. *Journal of International Economics*, 77(1), 11-22. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2008.09.007>
- Del Negro, M., y Obiols-Homs, F. (2001). Has monetary policy been so bad that it is better to get rid of it? The case of Mexico. *Journal of Money, Credit and Banking*, 33(2), 404-433. <https://doi.org/10.2307/2673908>
- Del Negro, M., y Schorfheide, F. (2011). Bayesian Macroeconometrics. En J. Geweke, G. Koop, y H. van Dijk, *The Oxford Handbook of Bayesian Econometrics* (págs. 293-389). Oxford University Press.
- Desai, M. (2017). *Arrogancia desmesurada: Por qué fallaron los economistas al predecir la crisis y cómo evitar la siguiente*. (J. Anaya y Barrios, Trad.) Siglo XXI Editores.
- Di Giorgio, G., y Nisticò, S. (2013). Productivity shocks, stabilization policies and the dynamics of net foreign assets. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37(1), 210-230. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2012.09.002>
- Dixit, A., y Stiglitz, J. (1977). Monopolistic competition and optimum product diversity. *The American Economic Review*, 67(3), 297-308.
- Dmitriev, M., y Hoddenbagh, J. (2021). Optimal monetary policy in small open economies: Producer-currency pricing. *International Journal of Central Banking*, 17(2), 297-338.
- Dornbusch, R. (1976). Expectations and exchange rate dynamics. *Journal of Political Economy*, 84(6), 1161-1176.
- Edge, R., Laubach, T., y Williams, J. (2010). Welfare-maximizing monetary policy under parameter uncertainty. *Journal of Applied Econometrics*, 25(1), 129-143. <https://doi.org/10.1002/jae.1136>
- Erceg, C., Henderson, D., y Levin, A. (2000). Optimal monetary policy with staggered wage and price contracts. *Journal of Monetary Economics*, 46(2), 281-313. [https://doi.org/10.1016/S0304-3932\(00\)00028-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3932(00)00028-3)
- Esquivel, G. (2010). De la Inestabilidad Macroeconómica al estancamiento estabilizador: el papel del diseño y la conducta de la política económica. En N. Lustig, *Los grandes problemas de México* (págs. 36-77). Ciudad de México: El Colegio de México.
- Faia, E. (2008). Optimal monetary policy rules with labor market frictions. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 32(5), 1600-1621. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2007.06.011>

- Faia, E., y Monacelli, T. (2007). Optimal interest rate rules, asset prices, and credit frictions. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(10), 3228-3254. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2006.11.006>
- Faia, E., y Monacelli, T. (2008). Optimal monetary policy in a small open economy with home bias. *Journal of Money, Credit and Banking*, 40(4), 721-750. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4616.2008.00133.x>
- Fernández-Villaverde, J. (2009). The econometrics of DSGE models. *NBER Working Paper Series* (14677). <https://doi.org/10.3386/w14677>
- Forbes, K. (2019). Macroprudential policy: what we've learned, don't know, and need to do. *AEA Papers and Proceedings*, 109, 470-475. <https://doi.org/10.1257/pandp.20191056>
- Friedman, M. (1956). Studies in the quantity theory of money. *University of Chicago Press*.
- Friedman, M. (1968). The role of monetary policy. *The American Economic Review*, 58(1), 1-17.
- Friedman, M., y Schwartz, A. (1963). A monetary history of the United States, 1867-1960. *Princeton University Press*.
- Galí, J. (2015). *Monetary policy, inflation, and the business cycle: an introduction to the new keynesian framework and Its applications* (Segunda ed.). Princeton University Press.
- Galí, J. (2015). Unemployment in the New Keynesian model. En J. Galí, *Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework and Its Applications* (2 ed., págs. 199-222). Princeton University Press.
- Galí, J., y Monacelli, T. (2005). Monetary policy and exchange rate volatility in a small open economy. *Review of Economic Studies*, Oxford University Press, 72(3), 707-734. <https://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2005.00349.x>
- Gaytán, A., y González-García, J. (2007). Cambios estructurales en el mecanismo de transmisión de la política monetaria en México: un enfoque VAR no lineal. *Monetaria, Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos*, 30(4), 367-404.
- Gertler, M., Sala, L., y Trigari, A. (2008). An estimated monetary DSGE model with Unemployment and Staggered Nominal Wage Bargaining. *Journal of Money, Credit and Banking*, 40(8), 1713-1764. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4616.2008.00180.x>

- Gertler, M., Kiyotaki, N., y Prestipino, A. (2020). Credit booms, financial crises, and macroprudential policy. *Review of Economic Dynamics*, 37(1), S8-S33. <https://doi.org/10.1016/j.red.2020.06.004>
- Giraldo, A. (2006). La neutralidad del dinero y la dicotomía clásica en la macroeconomía. *Cuadernos de Economía*, 25(45), 75-93.
- Hamilton, J. (2017). Why you should never use the Hodrick-Prescott filter. *NBER Working Paper Series* (23429). <https://doi.org/10.3386/w23429>
- Herbst, E., y Schorfheide, F. (2016). *Bayesian estimation of DSGE models*. Princeton University Press.
- Hicks, J. (1937). Mr. Keynes and the "Classics"; A Suggested Interpretation. *Econometrica*, 5(2), 147-159. <https://doi.org/10.2307/1907242>
- Hodrick, R., y Prescott, E. (1997). Post-war U.S. business cycles: an empirical investigation. *Journal of Money, Credit and Banking*, 29(1), 1-16. <https://doi.org/10.2307/2953682>
- Hofmann, B., y Peersman, G. (2017). Monetary policy transmission and trade-offs in the United States: old and new. *BIS Working Papers* (649).
- Juillard, M., y Kamenik, O. (2005). Solving DSGE models: approximation about the stochastic steady state. *Computing in Economics and Finance* (106).
- Juillard, M., Karam, P., Laxton, D., y Pesenti, P. (2006). Welfare-based monetary policy rules in an estimated DSGE model of the US economy. *ECB Working Paper Series* (613).
- Kaplan, G., y Violante, G. (2018). Microeconomic heterogeneity and macroeconomic shocks. *Journal of Economic Perspectives*, 32(3), 167-194. <https://doi.org/10.1257/jep.32.3.167>
- Kaplan, G., Moll, B., y Violante, G. (2018). Monetary policy according to HANK. *American Economic Review*, 108(3), 697-743. <https://doi.org/10.1257/aer.20160042>
- Keynes, J. (1936). *Teoría general del empleo, el interés y el dinero*. Palgrave Macmillan.
- Khan, A., King, R., y Wolman, A. (2003). Optimal monetary policy. *Review of Economic Studies*, 70(4), 825-860. <https://doi.org/10.1111/1467-937X.00269>
- Kim, B.-G. (2016). Supply shocks and the divine coincidence. *Economics Letters*, 145(C), 210-213. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2016.06.018>

- Kim, J., y Kim, S. (2018). Conditional versus unconditional utility as welfare criterion: two examples. *Computational Economics*, 51(3), 719-730. <https://doi.org/10.1007/s10614-016-9635-7>
- Kiyotaki, N., y Moore, J. (1997). Credit cycles. *Journal of Political Economy*, 105(2), 211-248. <https://doi.org/10.1086/262072>
- Klein, L., y Goldberger, A. (1955). An econometric model for the United States. *Journal of Political Economy*, 64(2), 128-142.
- Kollmann, R. (2002). Monetary policy rules in the open economy: effects on welfare and business cycles. *Journal of Monetary Economics*, 49(5), 989-1015. [https://doi.org/10.1016/S0304-3932\(02\)00132-0](https://doi.org/10.1016/S0304-3932(02)00132-0)
- Kydland, F., y Prescott, E. (1977). Rules rather than discretion: the inconsistency of optimal plans. *Journal of Political Economy*, 85(3). <https://doi.org/10.1086/260580>
- Kydland, F., y Prescott, E. (1982). Time to build and aggregate fluctuations. *Econometrica*, 50(6), 1345-1370. <https://doi.org/10.2307/1913386>
- Laureys, L., y Wanengkirtyo, B. (2021). Optimal simple objectives for monetary policy when banks matter. *European Economic Review*, 135(C). <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2021.103719>
- Lenza, M., y Primiceri, G. (2022). How to estimate a vector autoregression after March 2020. *Journal of Applied Econometrics*, 37(4), 688-699. <https://doi.org/10.1002/jae.2895>
- Levin, A., Onatski, A., Williams, J., y Williams, N. (2005). Monetary policy under uncertainty in micro-founded macroeconomic models. *NBER Working Paper Series* (11523). <https://doi.org/10.3386/w11523>
- Levin, A., Wieland, V., y Williams, J. (2003). The performance of forecast-based monetary policy rules under model uncertainty. *American Economic Review*, 93(3), 622-645. <https://doi.org/10.1257/000282803322157016>
- Lindé, J. (2018). DSGE models: still useful in policy analysis? *Oxford Review of Economic Policy*, 34(1-2), 269-286. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grx058>
- Lombardo, G., y Vestin, D. (2007). Welfare implications of Calvo vs. Rotemberg pricing assumptions. *European Central Bank Working Papers Series* (770).
- Loría, E. (2016). México: crecimiento económico restringido y tipo de cambio, 1950,2014. *Revista Problemas del Desarrollo*, 186(47).

- Lubik, T., y Schorfheide, F. (2007). Do central banks respond to exchange rate movements? A structural investigation. *Journal of Monetary Economics*, 54(4), 1069-1087. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2006.01.009>
- Lucas, R. (1972). Expectations and the neutrality of money. *Journal of Economic Theory*, 4(2), 103-124. [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(72\)90142-1](https://doi.org/10.1016/0022-0531(72)90142-1)
- Lucas, R. (1976). Econometric policy evaluation: A critique. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1(1), 19-46. [https://doi.org/10.1016/S0167-2231\(76\)80003-6](https://doi.org/10.1016/S0167-2231(76)80003-6)
- Luetticke, R. (2021). Transmission of monetary policy with heterogeneity in household portfolios. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 13(2), 1-25. <https://doi.org/10.1257/mac.20190064>
- Mariscal, R., Powell, A., y Tavella, P. (2014). On the credibility of inflation targeting regimes in Latin America. *IDB Working Paper Series*(IDB-WP-504).
- McCandless, G. (2008). *The ABCs of RBCs: An Introduction to Dynamic Macroeconomic Models*. Harvard University Press.
- Medina, J., y Soto, C. (2007). The Chilean business cycles through the lens of a stochastic general equilibrium model. *Working Papers Central Bank of Chile* (457).
- Mishkin, F. (2007). Will monetary policy become more of a science? *NBER Working Papers* (13566). <https://doi.org/10.3386/w13566>
- Mohanty, M., y Turner, P. (2008). Monetary policy transmission in emerging market economies: what is new? En B. f. Settlements, *Transmission mechanisms for monetary policy in emerging market economies* (págs. 1-59). Bank for International Settlements.
- Monacelli, T. (2005). Monetary policy in a low pass-through environment. *Journal of Money, Credit and Banking*, 37(6), 1047-1066. <https://doi.org/10.1353/mcb.2006.0007>
- Motta, G., y Tirelli, P. (2012). Optimal simple monetary and fiscal rules under limited asset market participation. *Journal of Money, Credit and Banking*, 44(7), 1351-1374. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4616.2012.00535.x>
- Motyovszki, G. (2013). The evolution of Phillips Curve concepts and their implications for economic policy. *History of Economic Thought*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24144.35841>

- Muth, J. (1961). Rational expectations and the theory of price movements. *Econometrica*, 29(3), 315-335. <https://doi.org/10.2307/1909635>
- Nakov, A. (2008). Optimal and simple monetary policy rules with zero floor on the nominal interest rate. *International Journal of Central Banking*, 4(2), 73-127.
- Nikolsko-Rzhevskyy, A., Papell, D., y Prodan, R. (2021). Policy rules and economic performance. *Journal of Macroeconomics*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2021.103291>
- Orphanides, A., y Williams, J. (2006). Inflation targeting under imperfect knowledge. *Working Papers Central Bank of Chile* (398).
- Orphanides, A. (2003). Historical monetary policy analysis and the Taylor rule. *Journal of Monetary Economics*, 50(5), 983-1022. [https://doi.org/10.1016/S0304-3932\(03\)00065-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3932(03)00065-5)
- Orphanides, A. (2004). Monetary policy rules, macroeconomic stability and inflation: a view from the trenches. *Journal of Money, Credit and Banking*, 36(2), 151-175. <https://doi.org/10.1353/mcb.2004.0013>
- Pérez, F. (2015). Comparing the Transmission of Monetary Policy Shocks in Latin America: A Hierarchical Panel VAR. *Banco Central de Reserva del Perú - Working Papers* (2015-05).
- Pérez, O. (2012). El traspaso del tipo de cambio a los precios: una aproximación al caso de México. *Economía Informa* (376), 61-74.
- Perrotini, I., y Ortiz, R. (2018). Efectos del traspaso inflacionario del tipo de cambio a la inflación: Canadá, Estados Unidos y México, 1990-2015. *Economía, Sociedad y Territorio*, 18(56), 233-258. <https://doi.org/10.22136/est20181058>
- Phillips, A. (1958). The relation between Unemployment and the Rate of Change of Money Wage Rates in the United Kingdom, 1861-1957. *Economica*, 25(100), 283-299. <https://doi.org/10.2307/2550759>
- Poutineau, J.-C., y Vermandel, G. (2017). A welfare analysis of macroprudential policy rules in the Euro area. *Revue d'économie politique*, 127(2), 191-226. <https://doi.org/10.3917/redp.272.0191>
- Quint, D., y Rabanal, P. (2014). Monetary and macroprudential policy in an estimated DSGE model of the Euro area. *International Journal of Central Bankin*, 10(2), 169-236.

- Quintero, J. (2015). Impactos de la política monetaria y canales de transmisión en países de América Latina con esquema de inflación objetivo. *Ensayos sobre Política Económica*, 33(76), 61-75. <https://doi.org/10.1016/j.espe.2015.02.001>
- Richter, A., y Throckmorton, N. (2016). Is Rotemberg pricing Justified by macro data? *Economics Letters*, 149(C), 44-48. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2016.10.011>
- Ros, J. (2013). *Algunas tesis equivocadas sobre el estancamiento económico de México*. México. El Colegio de Mexico.
- Rotemberg, J. (1982). Monopolistic Price Adjustment and Aggregate Output. *The Review of Economic Studies*, 49(4), 517-531. <https://doi.org/10.2307/2297284>
- Rotemberg, J., y Woodford, M. (1999). Interest rate rules in an estimated sticky price model. En J. Taylor, *Monetary Policy Rules* (págs. 57-126). University of Chicago Press.
- Rudebusch, G. (2002). Assessing the Lucas critique in monetary policy models. *Federal Reserve Bank of San Francisco Working Paper* (2002-2).
- Rudebusch, G., y Svensson, L. (1999). Policy rules for inflation targeting. En J. Taylor, *Monetary Policy Rules* (págs. 203-262). University of Chicago Press.
- Sargent, T. (1980). Rational expectations and the reconstruction of macroeconomics. *Quarterly Review*, 4(3).
- Sargent, T., y Wallace, N. (1975). Rational expectations, the optimal monetary instrument, and the optimal money supply rule. *Journal of Political Economy*, 83(2), 241-254. <https://doi.org/10.1086/260321>
- Schmitt-Grohé, S., y Uribe, M. (2001). Stabilization policy and the costs of dollarization. *Journal of Money Credit and Banking*, 33(2), 482-509. <https://doi.org/10.2307/2673912>
- Schmitt-Grohé, S., y Uribe, M. (2003). Closing small open economy models. *Journal of International Economics*, 61(1), 163-185. [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(02\)00056-9](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(02)00056-9)
- Schmitt-Grohé, S., y Uribe, M. (2004). Solving dynamic general equilibrium models using a second order approximation to the policy function. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 28(4), 755-775. [https://doi.org/10.1016/S0165-1889\(03\)00043-5](https://doi.org/10.1016/S0165-1889(03)00043-5)

- Schmitt-Grohé, S., y Uribe, M. (2005). Optimal fiscal and monetary policy in a medium-scale macroeconomic model: expanded version. *NBER Working Papers* (11417). <https://doi.org/10.3386/w11417>
- Schmitt-Grohé, S., y Uribe, M. (2006). Optimal simple and implementable monetary and fiscal rules: expanded version. *NBER Working Paper Series* (12402). <https://doi.org/10.3386/w12402>
- Schmitt-Grohé, S., y Uribe, M. (2007). Optimal simple and implementable monetary and fiscal rules. *Journal of Monetary Economics*, 54(6), 1702-1725. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2006.07.002>
- Shapiro, M., y Watson, M. (1988). Sources of business cycle fluctuations. *NBER Macroeconomics Annual*, 3, 111-148. <https://doi.org/10.2307/3584944>
- Sidaoui, J., y Ramos-Francia, M. (2008). The monetary transmission mechanism in México: recent developments. *Bank of International Settlements*, 35, 363-394.
- Sims, C. (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica*, 48(1), 1-48. <https://doi.org/10.2307/1912017>
- Smets, F. (2002). Output gap uncertainty: Does it matter for the Taylor rule? *Empirical Economics*, 27(1), 113-129. <https://doi.org/10.1007/s181-002-8362-4>
- Smets, F., y Wouters, R. (2007). Shocks and frictions in US business cycles: a Bayesian DSGE approach. *American Economic Review*, 97(3), 586-606. <https://doi.org/10.1257/aer.97.3.586>
- Stiglitz, J. (2018). Where modern macroeconomics went wrong. *Oxford Review of Economic Policy*, 34(1-2), 70-106. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grx057>
- Svensson, L. (1996). Price Level Targeting vs. inflation targeting: a free lunch? *NBER Working Paper Series* (5719). <https://doi.org/10.3386/w5719>
- Svensson, L. (1999). Inflation targeting as a monetary policy rule. *Journal of Monetary Economics*, 43(3), 607-654. [https://doi.org/10.1016/S0304-3932\(99\)00007-0](https://doi.org/10.1016/S0304-3932(99)00007-0)
- Svensson, L. (2010). Inflation targeting. En B. Friedman, y M. Woodford, *Handbook of Monetary Economics* (Primera ed., Vol. 3B, págs. 1238-1279). Elsevier.
- Taylor, J. (1993). Discretion versus policy rules in practice. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 39, 195-214. [https://doi.org/10.1016/0167-2231\(93\)90009-L](https://doi.org/10.1016/0167-2231(93)90009-L)

- Taylor, J. (1999). A historical analysis of monetary policy rules. En J. Taylor, *Monetary Policy Rules* (págs. 319-348). NBER Books.
- Taylor, J., y Williams, J. (2010). Simple and robust rules for monetary policy. En B. Friedman, y M. Woodford, *Handbook of Monetary Economics* (1 ed., Vol. 3B, págs. 829-859). Elsevier.
- Torres, A. (2002). Un análisis de las tasas de interés en México a través de la metodología de reglas monetarias. *Banco de México Working Papers* (2002-11).
- Uhlig, H. (2005). What are the effects of monetary policy on output? Results from an agnostic identification procedure. *Journal of Monetary Economics*, 52(2), 381-419. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2004.05.007>
- Uribe, M., y Schmitt-Grohé, S. (2017). *Open Economy Macroeconomics*. New Jersey: Princeton University Press.
- Vines, D., y Wills, S. (2018). The rebuilding macroeconomic theory project: an analytical assessment. *Oxford Review of Economic Policy*, 34(1-2), 1-42. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grx062>
- Wieland, V., Afanasyeva, E., Kuete, M., y Yoo, J. (2016). New methods for macro-financial model comparison and policy analysis. En J. Taylor, y H. Uhlig, *Handbook of Macroeconomics* (Vol. 2, págs. 1241-1319). Amsterdam: Elsevier.
- Woodford, M. (1998). Doing without money: controlling inflation in a post-monetary world. *Review of Economic Dynamics*, 1(1), 173-219. <https://doi.org/10.1006/redy.1997.0006>
- Woodford, M. (2001). Inflation, stabilization and welfare. *NBER Working Papers* (8071). <https://doi.org/10.3386/w8071>
- Woodford, M. (2003). *Interest and prices: foundations of a theory of monetary policy*. Princeton University Press.
- Woodford, M. (2003). Optimal Interest-Rate Smoothing. *The Review of Economic Studies*, 70(4), 861-886. <https://doi.org/10.1111/1467-937X.00270>
- Yellen, J. (2012). The Economic Outlook and Monetary Policy. *Discurso presentado en Money Marketeers of New York University*. Nueva York.
- Zamarripa, R. (2021). Estimating the Bank of Mexico's reaction function in the last three decades: A Bayesian DSGE approach with rolling-windows. *North American*

Journal of Economics and Finance, 56(C).
<https://doi.org/10.1016/j.najef.2021.101362>

ANEXOS

A.1. Obtención de demandas

Para calcular las demandas del modelo, se toma como ejemplo al sector intermedio, pero un proceso similar se puede aplicar para obtener (48), (49), (58) y (59) ya que todas estas demandas provienen del supuesto de una función CES. La empresa intermedia maximiza la siguiente función:

$$\max P_t Y_t - \int_0^1 P_{j,t} Y_{j,t} dj \quad (A1)$$

Sujeta a:

$$Y_t = \left(\int_0^1 Y_{j,t}^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} dj \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}} \quad (A2)$$

Insertando (A2) en (A1):

$$\max P_t \left(\int_0^1 Y_{j,t}^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} dj \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}} - \int_0^1 P_{j,t} Y_{j,t} dj \quad (A3)$$

Tomado la derivada con respecto a $Y_{j,t}$ se llega a:

$$\frac{\epsilon}{\epsilon-1} P_t \left(\int_0^1 Y_{j,t}^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} dj \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}-1} \frac{\epsilon-1}{\epsilon} Y_{j,t}^{\frac{-1}{\epsilon}} - P_{j,t} = 0 \quad (A4)$$

Sustituyendo (A2) en (A4) y reordenando términos se obtiene la demanda individual que enfrentan las empresas del sector intermedio:

$$P_t Y_t^{\frac{1}{\epsilon}} Y_{j,t}^{\frac{-1}{\epsilon}} - P_{j,t} = 0$$

$$Y_{j,t}^{-\frac{1}{\epsilon}} = \frac{P_{j,t}}{P_t} Y_t^{-\frac{1}{\epsilon}}$$

$$Y_{j,t} = \left(\frac{P_{j,t}}{P_t} \right)^{-\epsilon} Y_t \quad (\text{A5})$$

A.2. Asignación entre bienes importados y locales

Para la distribución entre bienes producidos doméesticamente y bienes importados, los consumidores resuelven un proceso de maximización, el cual, se presenta solo para los bienes de consumo, pero el proceso es análogo para los de inversión, la función a maximizar es la siguiente:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = & \left[(1 - \omega_c)^{1/\epsilon_c} (C_t^d)^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} + \omega_c^{1/\epsilon_c} (C_t^m)^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} \right]^{\epsilon_c/(\epsilon_c-1)} \\ & + \lambda_t (P_t^c C_t - P_t C_t^d + P_t^{mc} C_t^m) \end{aligned} \quad (\text{A6})$$

Definiendo una variable auxiliar como $Y = \left[(1 - \omega_c)^{1/\epsilon_c} (C_t^d)^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} + \omega_c^{1/\epsilon_c} (C_t^m)^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} \right]$ y tomando las condiciones de primer orden se obtiene:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_t^d}: \quad \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c - 1} Y^{\epsilon_c/(\epsilon_c-1)-1} (1 - \omega_c)^{1/\epsilon_c} \frac{\epsilon_c - 1}{\epsilon_c} (C_t^d)^{-\frac{1}{\epsilon_c}} - \lambda_t P_t = 0 \quad (\text{A7})$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_t^m}: \quad \frac{\epsilon_c}{\epsilon_c - 1} Y^{\epsilon_c/(\epsilon_c-1)-1} (\omega_c)^{1/\epsilon_c} \frac{\epsilon_c - 1}{\epsilon_c} (C_t^m)^{-\frac{1}{\epsilon_c}} - \lambda_t P_t^{mc} = 0 \quad (\text{A8})$$

Dividiendo (A7) y (A8) y despejando para C_t^d :

$$C_t^d = \frac{1 - \omega_c}{\omega_c} \left(\frac{P_t}{P_t^{mc}} \right)^{-\epsilon_c} C_t^m \quad (\text{A9})$$

Sustituyendo (A9) en la función objetivo:

$$C_t = \left[(1 - \omega_c)^{1/\epsilon_c} \left(\frac{1 - \omega_c}{\omega_c} \left(\frac{P_t}{P_t^{mc}} \right)^{-\epsilon_c} C_t^m \right)^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} + \omega_c^{1/\epsilon_c} (C_t^m)^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} \right]^{\epsilon_c/(\epsilon_c-1)}$$

$$C_t^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} = \left[(1 - \omega_c)^{1/\epsilon_c} \left(\frac{1 - \omega_c}{\omega_c} \left(\frac{P_t}{P_t^{mc}} \right)^{-\epsilon_c} C_t^m \right)^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} + \omega_c^{1/\epsilon_c} (C_t^m)^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} \right]$$

$$C_t^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} = \left[\frac{1 - \omega_c}{\omega_c^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c}} \left(\frac{P_t}{P_t^{mc}} \right)^{1-\epsilon_c} (C_t^m)^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} + \omega_c^{1/\epsilon_c} (C_t^m)^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} \right]$$

$$C_t^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} = \omega_c^{(1-\epsilon_c)/\epsilon_c} (P_t^{mc})^{(\epsilon_c-1)} (C_t^m)^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} [(1 - \omega_c) P_t^{1-\epsilon_c} + \omega_c (P_t^{mc})^{(1-\epsilon_c)}] \quad (A10)$$

Recordando que $P_t^c = [(1 - \omega_c)(P_t)^{1-\epsilon_c} + \omega_c (P_t^{mc})^{1-\epsilon_c}]^{1/(1-\epsilon_c)}$, la expresión anterior se reescribe como:

$$C_t^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} = \omega_c^{(1-\epsilon_c)/\epsilon_c} (P_t^{mc})^{(\epsilon_c-1)} (C_t^m)^{(\epsilon_c-1)/\epsilon_c} (P_t^c)^{1-\epsilon_c}$$

Despejando para C_t^m se obtiene la demanda de bienes de consumo importados

$$C_t^m = \omega_c \left(\frac{P_t^c}{P_t^{mc}} \right)^{\epsilon_c} C_t \quad (A11)$$

Finalmente, sustituyendo esta expresión en (A9) se obtiene la demanda de bienes producidos domésticamente:

$$C_t^d = (1 - \omega_c) \left(\frac{P_t^c}{P_t} \right)^{\epsilon_c} C_t \quad (A12)$$

A.3. Fijación de precios a la Calvo

El problema de optimización intertemporal con rigideces *a la* Calvo es similar para las empresas de bienes intermedios, para las empresas importadores y exportadoras, lo que se modifica en cada sector es el costo marginal. Dado que la derivación matemática es similar, solo se presenta el procedimiento para las empresas intermedias. Una vez tomadas las condiciones de primer orden, se llegó a la siguiente expresión:

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\Lambda_{t,t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \frac{\bar{P}_{j,t}}{P_{t+s}} \right)^{-\epsilon} Y_{t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \bar{P}_{j,t} - \frac{\epsilon}{\epsilon-1} P_{t+s} MC_{t+s} \right) \right] = 0$$

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\lambda_{t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \frac{\bar{P}_{j,t}}{P_{t+s}} \right)^{-\epsilon} \frac{Y_{t+s}}{P_{t+s}} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \bar{P}_{j,t} - \frac{\epsilon}{\epsilon-1} P_{t+s} MC_{t+s} \right) \right] = 0 \quad (A13)$$

En (A13) se sustituyó el factor de descuento por su valor $\beta^s \frac{\lambda_{t+s}}{\lambda_t} \frac{P_t}{P_{t+s}}$ y se aprovechó que P_t/λ_t se consideran constantes en la sumatoria y en el valor esperado para eliminarlos con la igualdad a cero. Desarrollando (A13) y multiplicando términos se llega a:

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\lambda_{t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \frac{\bar{P}_{j,t}}{P_{t+s}} \right)^{1-\epsilon} Y_{t+s} \right]$$

$$= \frac{\epsilon}{\epsilon-1} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\lambda_{t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \frac{\bar{P}_{j,t}}{P_{t+s}} \right)^{-\epsilon} MC_{t+s} Y_{t+s} \right] \quad (A14)$$

A continuación, se define una nueva variable como $\bar{\Pi}_t = \frac{\bar{P}_{j,t}}{P_t}$, con lo cual, la expresión anterior se puede reescribir de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
& \bar{\Pi}_t^{1-\epsilon} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\lambda_{t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \right)^{1-\epsilon} \left(\frac{P_t}{P_{t+s}} \right)^{1-\epsilon} Y_{t+s} \right] \\
&= \frac{\epsilon}{\epsilon-1} \bar{\Pi}_t^{-\epsilon} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\lambda_{t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \right)^{-\epsilon} \left(\frac{P_t}{P_{t+s}} \right)^{-\epsilon} MC_{t+s} Y_{t+s} \right] \quad (A15)
\end{aligned}$$

El siguiente paso es definir dos variables auxiliares para poder resolver (A15) recursivamente, estas variables son las siguientes:

$$\Gamma_{1,t} = E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\lambda_{t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \right)^{-\epsilon} \left(\frac{P_t}{P_{t+s}} \right)^{-\epsilon} MC_{t+s} Y_{t+s} \right] \quad (A16)$$

$$\Gamma_{2,t} = E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\lambda_{t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \right)^{1-\epsilon} \left(\frac{P_t}{P_{t+s}} \right)^{1-\epsilon} Y_{t+s} \right] \quad (A17)$$

Ambas expresiones, se pueden resolver recursivamente aplicando la propiedad $y_t = E_t \sum_{s=0}^{\infty} b^s x_{t+s} = x_t + E_t \sum_{s=1}^{\infty} b^s x_{t+s} = x_t + b y_{t+1}$. Resolviendo para $\Gamma_{1,t}$, el resultado es el siguiente:

$$\begin{aligned}
\Gamma_{1,t} &= \lambda_t MC_t Y_t + E_t \left(\frac{P_{t+1}}{P_{t+1}} \right)^{-\epsilon} \sum_{s=1}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\lambda_{t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \right)^{-\epsilon} \left(\frac{P_t}{P_{t+s}} \right)^{-\epsilon} MC_{t+s} Y_{t+s} \right] \\
\Gamma_{1,t} &= \lambda_t MC_t Y_t + (\Pi_t^{\chi_d})^{-\epsilon} E_t \left(\frac{P_t}{P_{t+1}} \right)^{-\epsilon} \sum_{s=1}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\lambda_{t+s} \left(\prod_{\tau=2}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \right)^{-\epsilon} \left(\frac{P_{t+1}}{P_{t+s}} \right)^{-\epsilon} MC_{t+s} Y_{t+s} \right] \\
\Gamma_{1,t} &= \lambda_t MC_t Y_t + \beta\theta E_t \left(\frac{\Pi_t^{\chi_d}}{\Pi_{t+1}} \right)^{-\epsilon} \Gamma_{1,t+1} \quad (A18)
\end{aligned}$$

Por su parte, la variable auxiliar $\Gamma_{2,t}$ se resuelve recursivamente como:

$$\begin{aligned}
\Gamma_{2,t} &= \lambda_t Y_t + E_t \left(\frac{P_{t+1}}{P_{t+1}} \right)^{1-\epsilon} \sum_{s=1}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\lambda_{t+s} \left(\prod_{\tau=1}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \right)^{1-\epsilon} \left(\frac{P_t}{P_{t+s}} \right)^{1-\epsilon} Y_{t+s} \right] \\
\Gamma_{2,t} &= \lambda_t Y_t + (\Pi_t^{\chi_d})^{1-\epsilon} E_t \left(\frac{P_t}{P_{t+1}} \right)^{1-\epsilon} \sum_{s=1}^{\infty} (\beta\theta)^s \left[\lambda_{t+s} \left(\prod_{\tau=2}^s \Pi_{t+\tau-1}^{\chi_d} \right)^{1-\epsilon} \left(\frac{P_{t+1}}{P_{t+s}} \right)^{1-\epsilon} Y_{t+s} \right] \\
\Gamma_{2,t} &= \lambda_t Y_t + \beta\theta E_t \left(\frac{\Pi_t^{\chi_d}}{\Pi_{t+1}} \right)^{1-\epsilon} \Gamma_{2,t+1}
\end{aligned} \tag{A19}$$

De esta forma, la ecuación (A15) se puede escribir de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
\bar{\Pi}_t \Gamma_{2,t} &= \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \Gamma_{1,t} \\
\bar{\Pi}_t &= \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \frac{\Gamma_{1,t}}{\Gamma_{2,t}}
\end{aligned} \tag{A20}$$

Por otra parte, recordando que la ley de movimiento de los precios es:

$$\begin{aligned}
P_t &= \left[\theta (\Pi_{t-1}^{\chi_d} P_{t-1})^{1-\epsilon} + (1 - \theta) \bar{P}_t^{1-\epsilon} \right]^{\frac{1}{1-\epsilon}} \\
P_t^{1-\epsilon} &= \left[\theta (\Pi_{t-1}^{\chi_d} P_{t-1})^{1-\epsilon} + (1 - \theta) \bar{P}_t^{1-\epsilon} \right]
\end{aligned} \tag{A21}$$

Multiplicando ambos lados de la ecuación por $1/P_t^{1-\epsilon}$:

$$\begin{aligned}
1 &= \left[\theta \frac{(\Pi_{t-1}^{\chi_d} P_{t-1})^{1-\epsilon}}{P_t^{1-\epsilon}} + (1 - \theta) \frac{\bar{P}_t^{1-\epsilon}}{P_t^{1-\epsilon}} \right] \\
1 &= \left[\theta \left(\frac{\Pi_{t-1}^{\chi_d}}{\Pi_t} \right)^{1-\epsilon} + (1 - \theta) \bar{\Pi}_t^{1-\epsilon} \right]
\end{aligned} \tag{A22}$$

Por último, despejando (A21) por $\bar{\Pi}_t$ se obtiene:

$$\bar{\Pi}_t = \left(\frac{1 - \theta \left(\frac{\Pi_{t-1}^{\chi_d}}{\bar{\Pi}_t} \right)^{1-\epsilon}}{1 - \theta} \right)^{\frac{1}{1-\epsilon}} \quad (\text{A23})$$

Las expresiones (A18), (A19), (A20) y (A23), determinan en conjunto el comportamiento de la inflación en el modelo, ya que, a diferencia de un modelo lineal donde es posible resolver la ecuación (A12), en un modelo no lineal se necesitan generar variables auxiliares que, si bien no tienen un significado económico directo, permiten cerrar correctamente el modelo. Este procedimiento es similar para las empresas importadoras y exportadoras, por lo que se omite su desarrollo.