

Spillovers de la política monetaria no convencional de los países avanzados hacia América Latina

Julián Roa Rozo

Julio de 2021

Documento CEDE

Estudiantes

34

© 2021, Universidad de los Andes, Facultad de Economía, CEDE. Calle 19A No. 1 – 37 Este, Bloque W. Bogotá, D. C., Colombia Teléfonos: 3394949- 3394999, extensiones 2400, 2049, 2467

infocede@uniandes.edu.co

<http://economia.uniandes.edu.co>

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

La serie de Documentos de Trabajo CEDE se circula con propósitos de discusión y divulgación. Los artículos no han sido evaluados por pares ni sujetos a ningún tipo de evaluación formal por parte del equipo de trabajo del CEDE. El contenido de la presente publicación se encuentra protegido por las normas internacionales y nacionales vigentes sobre propiedad intelectual, por tanto su utilización, reproducción, comunicación pública, transformación, distribución, alquiler, préstamo público e importación, total o parcial, en todo o en parte, en formato impreso, digital o en cualquier formato conocido o por conocer, se encuentran prohibidos, y sólo serán lícitos en la medida en que se cuente con la autorización previa y expresa por escrito del autor o titular. Las limitaciones y excepciones al Derecho de Autor, sólo serán aplicables en la medida en que se den dentro de los denominados Usos Honrados (Fair use), estén previa y expresamente establecidas, no causen un grave e injustificado perjuicio a los intereses legítimos del autor o titular, y no atenten contra la normal explotación de la obra.

Universidad de los Andes | Vigilada Mineducación Reconocimiento como Universidad: Decreto 1297 del 30 de mayo de 1964. Reconocimiento personería jurídica: Resolución 28 del 23 de febrero de 1949 Minjusticia.

Documento CEDE

Estudiantes

Los documentos CEDE-Estudiantes contienen los resultados de las tesis de maestría (PEG o MEcA) de los estudiantes de la Facultad que se consideran merecedoras de este honor. Extraordinariamente por postulación de al menos un profesor de planta de la Facultad; se pueden considerar trabajos de estudiantes de pregrado.

Spillovers de la política monetaria no convencional de los países avanzados hacia América Latina*

Julián Roa Rozo[†]

Resumen

En este estudio se estiman los efectos de las políticas monetarias no convencionales realizadas por Estados Unidos, la Zona Euro, Reino Unido y Japón (países avanzados) en las economías de México, Brasil, Colombia, Chile y Perú mediante el uso de un modelo de proyección global con tasas de interés sombra. Se encuentra que los *spillovers* de nivel de la política monetaria son pequeños y los más relevantes para Latinoamérica son los provenientes de Estados Unidos. También se encuentra que los *spillovers* de volatilidad de las políticas monetarias no convencionales de los países avanzados son pequeños. Los ejercicios de descomposición histórica muestran que la variable más afectada por los *spillovers* fue la inflación. Finalmente, se simularon escenarios contrafactuales en ausencia de políticas monetarias no convencionales por parte de los países avanzados en donde se encontraron pérdidas cercanas al 0.5 % del PIB en los países latinoamericanos en 2014T4, y una inflación menor en cerca de 1.5 %. Lo anterior muestra el alto costo de no implementar estas políticas y es de particular relevancia para la crisis del COVID-19.

Palabras clave - Políticas monetarias no convencionales, economías emergentes, modelo de proyección global, tasas de interés sombra, límite inferior efectivo.

Códigos JEL - E37, E47, E58

*Estoy extremadamente agradecido con Javier Gómez por su apoyo y orientación como asesor de tesis. También estoy agradecido con Adriana Camacho por su orientación en el Seminario de Tesis, con los jurados Marc Hofstetter y Miguel Sarmiento por sus comentarios constructivos, con Juan Camilo Pardo, Bianca Hincapie y Andrés Gallegos por su lectura crítica de versiones previas, con Econometría Consultores por el tiempo brindado para la realización de la tesis así como por los comentarios brindados en el seminario ECO-Reading, y con Christopher Sutherland y Sarah Mouabbi por su préstamo de datos sobre Forward Guidance y la tasa de interés sombra, respectivamente. Agradezco de manera especial a Cristian Franco por su vida y por los buenos momentos, QEPD. Las opiniones aquí expresadas no representan ni a la Universidad de los Andes ni a Econometría Consultores.

[†]Estudiante de maestría Universidad de los Andes, j.roa10@uniandes.edu.co

Unconventional monetary policy spillovers from advanced economies to Latin America*

Julián Roa Rozo[†]

Abstract

In this paper, I estimate the effects of unconventional monetary policies from the United States, Euro Area, United Kingdom, and Japan (advanced economies) on Mexico, Brazil, Colombia, Chile, and Peru using a global projection model with shadow rates. I found that spillovers are small and the most relevant come from the United States. I also found that volatility spillovers from advanced economies' unconventional monetary policies are negligible. Historical decomposition exercises show that the most affected variables by spillovers are the real exchange rate and inflation. Finally, I also simulate counterfactual scenarios in which there were no unconventional monetary policies from advanced economies past 2008, and I found that Latin American economies would have had GDP losses close to 0.5% and inflation 1.5% lower at the end of 2014. This shows the high costs of not implementing these policies and these results are relevant to the COVID-19 crisis.

Keywords- Unconventional monetary policies, Emerging markets, Global projection model, shadow interest rates, Effective Lower Bound.

JEL code - E37, E47, E58

*I am extremely grateful to Javier Gómez for his support and guidance as advisor. I am also grateful to Adriana Camacho for her guidance in the Thesis Seminar, to the jurors Marc Hofstetter and Miguel Sarmiento for their constructive comments, to Juan Camilo Pardo, Bianca Hincapie, and Andrés Gallegos for their comments to previous versions of the document, to Econometría Consultores for the time provided for the completion of the thesis as well as for the comments provided in the ECO-Reading, and to Christopher Sutherland and Sarah Mouabbi for lending me their data on Forward Guidance and the shadow interest rate, respectively. I am especially thankful to Cristian Franco for his life and for the good times, RIP. The opinions expressed here do not represent the Universidad de los Andes or Econometría Consultores.

[†]Master student at Universidad de los Andes, j.roa10@uniandes.edu.co

1. Introducción

La gran recesión de 2008 supuso un cambio en la forma de concebir la política monetaria. Los bancos centrales de los países desarrollados redujeron de forma importante las tasas de política monetaria, cerca del límite efectivo de la tasa de interés (ELB, por sus siglas en inglés). Lo anterior hizo necesario pensar en qué tipo de políticas se pueden realizar desde el banco central una vez las reducciones de tasas no son posibles para poder impulsar a la economía. Es así como desde la gran recesión de 2008 se desarrollaron políticas monetarias no convencionales (UMP, por sus siglas en inglés) como la expansión cuantitativa (QE, por sus siglas en inglés) la cual consiste en la compra de activos por parte del banco central, las tasas de interés negativas (NIRP, por sus siglas en inglés) y la orientación de expectativas mediante el uso de anuncios sobre el futuro de las tasas de interés (FG, por sus siglas en inglés). Bernanke (2020) provee una revisión de literatura reciente sobre este tipo de políticas.

En este trabajo se responde a la pregunta de si la implementación de UMP en países avanzados (Estados Unidos, Japón, Reino Unido y Zona Euro) afectó el desempeño económico de América Latina (Brasil, Chile, Colombia, México y Perú). Existen canales mediante los cuales estas políticas afectan a los países latinoamericanos. Por un lado, el crecimiento económico está relacionado entre ambos tipos de países. Por otro lado, las tasas de interés de política monetaria están altamente correlacionadas. Además, la creciente integración financiera hace que los bancos comerciales estén más interconectados entre sí, incluso internacionalmente (ver Buch y cols. (2019)). Por estos motivos, la pregunta sobre los efectos de la UMP de los países avanzados en los países latinoamericanos es relevante para los hacedores de política macroeconómica. Sin embargo, la literatura al respecto es limitada.

La literatura sobre UMP puede clasificarse en dos categorías. La primera estudia los efectos de las UMP al interior del país que la implementó (ver Weale y Wieladek (2016) para Estados Unidos y Reino Unido, Mouabbi y Sahuc (2019) para la Zona Euro y Wang (2019) para Japón). El segundo grupo estudia los *spillovers* de estas políticas en otros países. Dentro de este segundo grupo, hay una amplia literatura en variables de alta frecuencia como las acciones, las tasas de interés y las tasas de cambio (ver Lombardi y cols. (2019), Kearns y cols. (2019), Gagnon y cols. (2017) y Bauer y Neely (2014)). Una parte más pequeña de esta literatura estudia los efectos de las UMP en variables macroeconómicas como lo son la cuenta corriente, las condiciones financieras , la tasa de cambio y la inflación (ver Gagnon y cols. (2017), Tillmann (2016), Polis y Pietrunti (2019) y Kucharčuková y cols. (2016), respectivamente).

De esta forma, son pocos los trabajos que estudian los efectos de las UMP en el desempeño macroeconómico de otros países. Dentro de estos destacan los trabajos de Chen y cols. (2017), Kucharčuková y cols. (2016), Haldane y cols. (2016) y Jones y cols. (2018). Kucharčuková y cols. (2016)

mediante el uso de un modelo VAR analizaron los efectos de la UMP del Banco Central Europeo en el crecimiento de otros países europeos no pertenecientes a la zona Euro. Por su parte, Jones y cols. (2018) analizaron los efectos del FG de Estados Unidos en Canadá mediante el uso de un modelo DS-GE para dos países. Haldane y cols. (2016) utilizaron un modelo VAR consistente de países avanzados (Estados Unidos, Zona Euro, Reino Unido y Japón) y encontraron que los *spillovers* eran de magnitud similar a los efectos locales. Así, solo Chen y cols. (2017) tiene estimaciones para Latinoamérica, quienes mediante el uso de un VEC global encontraron que una reducción de 25 puntos básicos en la tasa de interés sombra de Estados Unidos tiene un efecto acumulado de 0.2 puntos porcentuales en las economías de Argentina, México, Brasil y Chile.

En este trabajo se responde a la pregunta sobre los *spillovers* de la UMP mediante el uso de un modelo de proyección global semi-estructural que incluye tasa de interés sombra como medida de las UMP. La tasa de interés sombra es la tasa de interés de corto plazo consistente con la curva de rendimientos si el ELB de la tasa de interés no existiera (Black, 1995). Esta variable puede derivarse de un modelo de estructura de plazos. En tiempos normales, la tasa de interés sombra es idéntica a la tasa de interés de corto plazo, mientras que cuando la economía se encuentra en el ELB, la tasa de interés sombra puede tomar valores negativos capturando así el estímulo adicional generado por las UMP (ver Wu y Xia (2016), Wu y Zhang (2019b) y Krippner (2020)). Esto último se logra gracias a que las UMP afectan la prima de riesgo de los bonos de largo y mediano plazo y la tasa de interés sombra se mueve de manera respectiva a estos cambios. Además, esto evita la no-linealidad causada por ELB (ver Wu y Zhang (2019b) y Polis y Pietrunti (2019)).

El presente trabajo aporta a la literatura de los *spillovers* de la UMP de varias formas. Por un lado, se propone un modelo semi-estructural basado en el modelo teórico propuesto por Wu y Zhang (2019b) y ampliado por Polis y Pietrunti (2019). La utilización de un modelo semi-estructural provee varias ventajas en comparación con los modelos de series de tiempo (VAR y VEC) ampliamente utilizados en este tipo de literatura (ver Chen y cols. (2017), Kucharčuková y cols. (2016) y Haldane y cols. (2016)). En particular, las metodologías de series de tiempo requieren un número importante de restricciones que dificultan su estimación y la interpretación económica de los choques (ver Lombardi y cols. (2018)). De esta forma, el modelo aquí propuesto permite una identificación teóricamente consistente de los efectos de la UMP realizada por las economías avanzadas en otras economías.

El trabajo aquí presentado también hace un aporte a la literatura de modelos de proyección global (ver Carabenciov y Manchev (2013), Gonzalez y cols. (2020), Benes y cols. (2017) y Andrle y cols. (2014)) al incluir el rol de la UMP en estos modelos. Así, el modelo aquí propuesto contiene la estructura básica para cada país o región estudiada, la cual consiste en una curva de demanda, una

curva de Phillips, una regla de política monetaria y la condición de paridad abierta de intereses. En este trabajo se incluye de forma explícita el rol de la UMP al modificar la estructura del modelo en tres aspectos. En primer lugar, la tasa de interés sombra tiene una regla de política monetaria similar a una regla de Taylor. En segundo lugar, se modifica la curva de demanda para que responda a la tasa de interés sombra en vez de que solamente responda a la tasa de política monetaria. Finalmente, se cambia la condición de paridad abierta de intereses y se expresa en términos de las tasas de interés sombra.

Las economías escogidas para la estimación del modelo se pueden clasificar en tres grupos: avanzadas, latinoamericanas y otras. En el primer grupo se encuentran Estados Unidos, la Zona Euro, Reino Unido y Japón que se caracterizan por ser sistémicas e implementar de forma masiva UMP. Un segundo grupo está compuesto por China y una economía sintética llamada *el resto del mundo* la cual es un promedio ponderado de los siguientes países: Australia, Canadá, Corea del Sur, India, Indonesia, Rusia y Turquía. Al incluir China y *el resto del mundo* se busca tener una mejor representación de la economía mundial. Finalmente, de Latinoamérica se escogen las economías de Brasil, Chile, Colombia, México y Perú al ser las más grandes de la región (75 % de Latinoamérica y el Caribe). De esta forma, para el año 2018 los países seleccionados comprenden el 76 % del PIB mundial.

Los resultados principales del estudio muestran que la UMP realizada por Estados Unidos, la Zona Euro, Inglaterra y Japón tuvieron una incidencia limitada en las economías latinoamericanas. Por un lado, se encuentra que las funciones impulso respuesta y los *spillovers* de volatilidad de los choques de política monetaria de los países avanzados no son de gran relevancia para Latinoamérica. Los ejercicios de descomposición histórica muestran que las variables más afectadas por este tipo de choques fueron la inflación y la tasa de cambio real. Por otra parte, se simularon escenarios contrafactuales en ausencia de UMP por parte de los países avanzados (Estados Unidos, Reino Unido y Zona Euro, por separado) después de la crisis del 2008 y se simuló un mundo en donde ningún país podía bajar su tasa de interés a terreno negativo después de 2008, es decir, un mundo sin UMP. En los escenarios se encontraron efectos negativos importantes en el PIB, la inflación y la tasa de interés.

De esta manera, el documento contribuye a distintos debates sobre la política monetaria. En primer lugar, se muestra que los choques de política monetaria de los países avanzados como Estados Unidos no son económicamente relevantes para las economías latinoamericanas, a la luz de un modelo que incluye los canales de transmisión estándar de la política monetaria. El documento presenta evidencia nueva, que incluye a las UMP, soportando hallazgos previos que encuentran resultados similares a pesar de no estudiar de manera explícita el rol de las UMP (ver Jordà y cols. (2019) y Gómez-Pineda (2020)).

En segundo lugar, este es el primer trabajo que estudia, mediante el uso de contrafactuales, los efectos de la UMP realizada por los países avanzados en Latinoamérica. En el escenario en donde Estados Unidos no podía bajar la tasa de interés sombra a terreno negativo después de 2008, dicha economía tenía una pérdida cercana al 8% en el PIB en el cuarto trimestre de 2014, y los países latinoamericanos habrían tenido pérdidas de 0.5% en el PIB en ese trimestre. En cuanto a la inflación, esta sería menor para los países latinoamericanos en 1.5 puntos porcentuales en dicho trimestre. Los efectos son menores en el contrafactual correspondiente a la Zona Euro y Reino Unido. Por otra parte, un mundo sin UMP arrojaría pérdidas importantes para todas las economías, con una pérdida promedio cercana al 9% del PIB para todas las economías avanzadas y de 1.25% para las economías latinoamericanas. Además, el documento mejora resultados previos sobre los efectos de la UMP en Estados Unidos en donde existían problemas de *price puzzle* (ver Wu y Xia (2016)).

En tercer lugar, el documento contribuye al debate sobre la (ir)relevancia empírica del ELB al presentar evidencia para Estados Unidos, Reino Unido y la Zona Euro de que no hay un quiebre estructural asociado al ELB. Lo anterior muestra que el modelo de tasas de interés sombra propuesto por Wu y Zhang (2019b) puede ser apropiado para modelar la economía actual y también mostraría que no hay evidencia *fuerte* de un cambio estructural importante luego del 2008. Lo anterior va en línea con los resultados de Debortoli y cols. (2019) y Wu y Zhang (2019a) a favor de la hipótesis de irrelevancia empírica del ELB.

Finalmente, el documento hace una pequeña contribución a la literatura sobre las tasas de interés sombra. Puntualmente, se comparan las características estadísticas de distintas estimaciones de la tasa de interés sombra (ver Wu y Xia (2016), De Rezende y Ristiniemi (2020) y Krippner (2020)) y se encuentra evidencia a favor de las tasas de interés sombra estimadas por Wu y Xia (2016) puesto que la correlación de esta variable con las medidas de UMP es mayor.

El documento está compuesto por siete secciones. La primera sección es esta introducción. Luego, en la segunda sección se describen los datos y se presentan los hechos estilizados de las economías estudiadas. En la tercera sección se muestra cómo la tasa de interés sombra es un indicador que captura el rol de QE, FG y NIRP. En la cuarta sección se presenta el modelo teórico. En la quinta sección se muestran los parámetros calibrados y los parámetros estimados por métodos bayesianos. En la sexta se presentan los principales resultados del modelo, los cuales incluyen las funciones impulsos respuesta, ejercicios de descomposición histórica y ejercicios contrafactuales. Finalmente, en la séptima sección se concluye el documento, se muestran las limitaciones del modelo así como algunas recomendaciones de política macroeconómica.

2. Datos y hechos estilizados

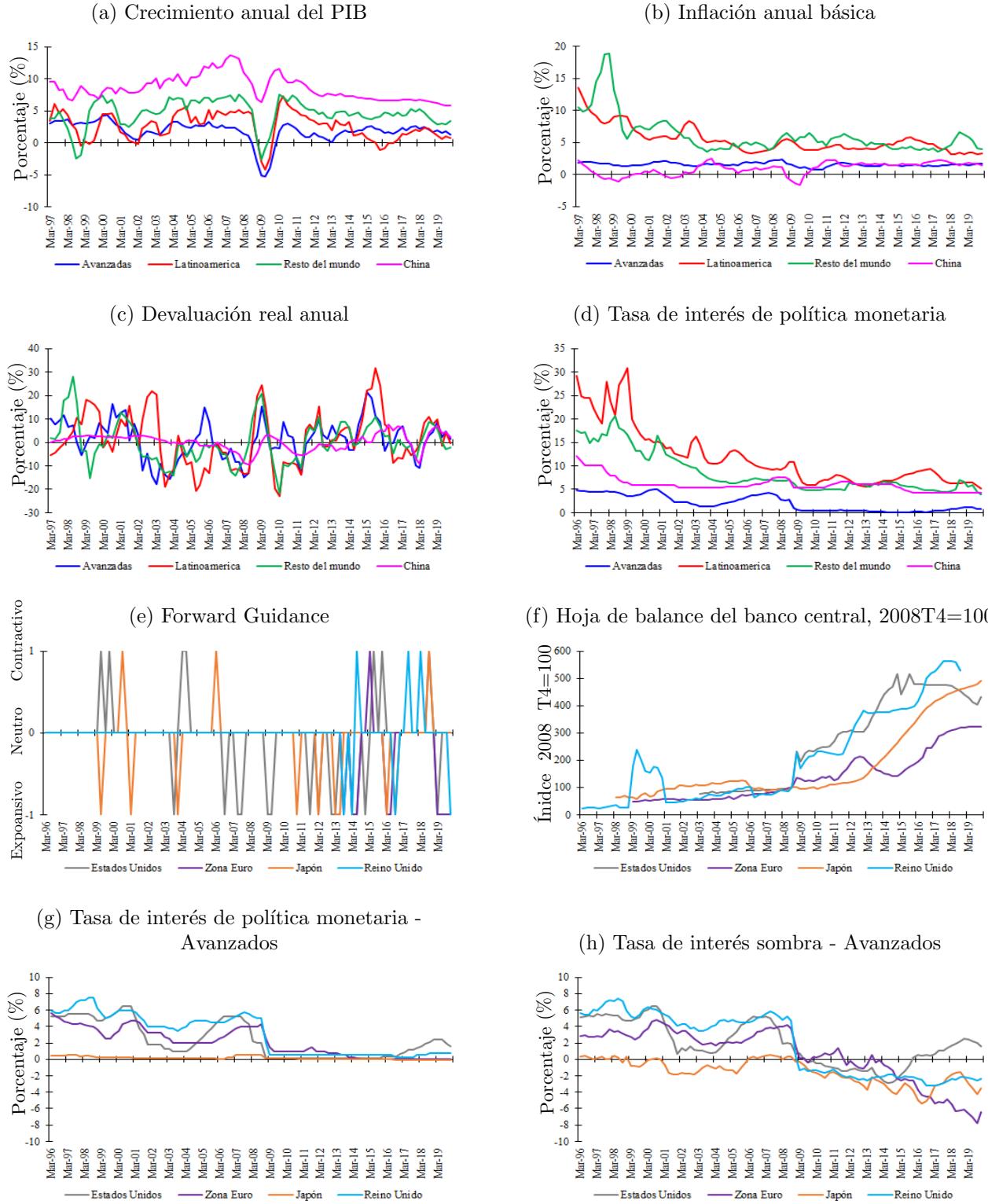
En este documento se usa una versión actualizada de la base de datos utilizada en Gómez-Pineda (2020) hasta diciembre de 2019. Las variables utilizadas en el modelo corresponden al PIB real, la inflación básica, las tasas de cambio nominal, las tasas de interés de política monetaria para los países de América Latina, China y el resto del mundo y las tasas de interés sombra para Estados Unidos, Japón, Reino Unido y la Zona Euro. En cuanto al PIB, las fuentes son los departamentos de estadística de cada país, los bancos centrales, la OCDE, el FMI o Eurostats. Con respecto a la inflación básica, entendida como aquella que excluye los componentes de alimentos y energía, tiene como fuentes los departamentos de estadística de cada país, los bancos centrales de cada país y la OCDE. En cuanto a las tasas de política monetaria, las fuentes son los bancos centrales, la OCDE y el FMI. Las tasas de cambio nominales tienen como fuente Bloomberg. Los detalles sobre aspectos como desestacionalización, empalmes, entre otros se encuentran en Gómez-Pineda (2020).

Las tasas de interés sombra tienen cuatro fuentes: Wu y Xia (2016), Wu y Xia (2020), Krippner (2020), y De Rezende y Ristiniemi (2020) las cuales se encuentran disponibles en las páginas web de los autores¹. También se usa información complementaria sobre UMP. Por un lado, se usa información sobre las hojas de balance de los bancos centrales de los países avanzados con la que se captura la política de QE. Por otro lado, también se usa información sobre FG mediante el uso de una variable de tres valores: 0 cuando no se realiza FG o se hace un anuncio de FG neutro, 1 si el anuncio sugiere contracciones de la tasa de interés y -1 si sugiere expansión de la tasa de interés. La fuente de esta variable es el trabajo de Sutherland (2020) para Estados Unidos, Reino Unido y la Zona Euro. En el caso de Japón, la información sobre FG tiene como fuente Shirai (2013) y Shirai (2019).

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de las variables anteriormente mencionadas. En lo que respecta al crecimiento económico, en el panel a de la Figura 1 se puede notar que esta variable está correlacionada entre regiones con un desaceleración común en 2008. En cuanto a la inflación (panel b) se puede ver que los países avanzados y China han tenido un proceso estable mientras que en los países latinoamericanos y el *resto del mundo* hubo un proceso desinflación que debe ser tenido en cuenta en el modelo. En cuanto a la tasa de cambio real se puede ver cierta coordinación entre las regiones salvo China la cual al tener una tasa de cambio administrada es menos volátil. Finalmente, la tasa de política monetaria presenta una tendencia decreciente que debe ser modelada y se puede notar como los países avanzados entraron en límite efectivo de la tasa de interés después de la crisis del 2008.

¹Las tasas de interés de Wu y Xia (2016) y Wu y Xia (2020) se encuentran disponibles en <https://sites.google.com/view/jingcynthiawu/shadow-rates>, las de Krippner (2020) en <https://www.ljkmfa.com/test-test/international-ssrs/> y las de De Rezende y Ristiniemi (2020) en el siguiente link <https://rafaelbderezende.wixsite.com/rafaelbderezende/shadow-rates>

Figura 1: Hechos estilizados



Fuente: Elaboración propia basada en información bancos centrales, departamentos de estadística y FMI.

Nota: Los datos de del grupo de países avanzados corresponden a un promedio ponderado según la participación de cada país en el PIB mundial. En el caso de la devaluación real se excluye a Estados Unidos del grupo de avanzados dado que las tasas de cambio están expresadas en función del dólar. Los datos sobre Forward Guidance tienen como fuente Sutherland (2020), Shirai (2013) y Shirai (2019). La tasa de interés sombra de Estados Unidos y la Zona Euro tiene como fuente Wu y Xia (2016) y Wu y Xia (2020), respectivamente. En el caso del Reino Unido se utilizó la tasa de interés sombra de Rezende y Riestiniemi (2020) y en el caso de Japón se utilizó la tasa de interés sombra propuesta por Krippner (2020).

El continuo estímulo monetario por parte de los países avanzados mediante el uso de las políticas de QE y FG no se ve reflejado en las tasas de política monetaria de dichos bancos centrales (ver panel g de la figura 1) pero sí se puede notar cómo las tasas de interés sombra cayeron a terreno negativo en consonancia con el impulso adicional generado por FG y QE. Así, la tasa de interés sombra posee más información sobre el estado de la política monetaria cuando el banco central se encuentra restringido por el ELB en comparación con la tasa de interés de política monetaria.

Finalmente, se utilizaron datos sobre la dinámica del comercio internacional. Como se puede ver en la tabla 1 el destino de las exportaciones de cada país no está concentrado en un solo país, salvo en el caso de México, en donde un 70 % de las exportaciones tiene como destino los Estados Unidos. Esto es relevante para la pregunta de investigación en la medida que la demanda externa es uno de los mecanismos mediante los cuales se pueden dar *spillovers* de la política monetaria y, en el caso de los países latinoamericanos, un rubro importante de las exportaciones tiene como destino a China y a otros países distintos de las economías avanzadas. Ignorar el rol de China y de las economías pertenecientes al grupo de resto de países es equivalente a excluir del estudio a un 50 % de la demanda externa de los países latinoamericanos, lo anterior podría llevar a una sobreestimación de los efectos de la política monetaria de los países avanzados en los países latinoamericanos.

Tabla 1: Matriz de exportaciones

	Destino										
	US	EU	JA	CN	UK	RM	BR	MX	CO	CL	PE
Exportaciones de:											
US		16.48	5.46	11.74	4.31	47.59	2.68	9.63	0.99	0.64	0.48
EU	15.18		2.87	8.49	12.05	56.99	2.08	1.46	0.32	0.36	0.20
JA	18.67	7.83		22.10	1.88	46.11	0.72	2.06	0.17	0.28	0.17
CN	22.25	10.66	7.86		3.01	49.13	1.75	3.63	0.56	0.74	0.41
UK	15.73	38.58	2.47	4.63		36.77	1.06	0.42	0.14	0.12	0.07
RM	21.70	38.27	7.33	23.74	4.83		1.64	1.53	0.31	0.40	0.25
BR	15.71	13.19	3.28	19.72	1.60	39.95		2.09	1.04	2.53	0.91
MX	71.24	3.93	1.19	3.48	0.50	16.57	1.09		1.00	0.54	0.45
CO	36.87	13.32	1.71	10.65	1.30	24.29	3.34	2.46		2.02	3.73
CL	12.85	9.70	8.00	27.24	0.94	29.97	5.74	2.30	1.11		2.14
PE	18.77	11.76	3.51	25.15	0.81	29.61	3.42	1.11	2.78	3.07	

Fuente: Cálculos del autor basados en las tablas de insumo-producto de la OECD. Los países están señalizados mediante el código ISO 3166-1 Alpha-2, exceptuando Reino Unido el cual está representado como UK en vez de GB. RM significa resto del mundo y está capturado por las economías de Australia, Canadá, Corea del Sur, India, Indonesia, Rusia y Turquía. Datos para el año 2015.

3. Tasas de interés sombra y la política monetaria

El concepto de tasa de interés sombra se remonta a Black (1995) quien la definió como la tasa no observable de corto plazo consistente con las tasas de interés de largo plazo si no existiera un ELB de la tasa de interés nominal. En forma matemática, la tasa de interés de corto plazo (observable) i_t está descrita por la siguiente ecuación.

$$i_t = \text{Max}(s_t, i_t) \quad (1)$$

en donde s_t es la tasa de interés sombra y i_t es el ELB de la tasa de interés nominal. Nótese que i_t tiene un ELB \underline{i}_t mientras que s_t no tiene un ELB y puede tomar valores negativos en caso de que $i_t = \underline{i}_t$. Dado que s_t es la tasa no observable de corto plazo consistente con las tasas de interés de largo plazo en un mundo imaginario en el que no existe \underline{i}_t , su comportamiento estaría determinado por los cambios en la curva de retornos.

La estimación de s_t requiere el uso de modelos de estructura de plazos, los cuales usan la información de toda la curva de rendimientos. En tiempos en que la economía se encuentra en el ELB $i_t = \underline{i}_t$, los bancos centrales pueden afectar las tasas de interés de largo plazo mediante el uso de políticas que afectan la prima de riesgo. Altavilla y cols. (2019), Jones y Kulish (2013) y Hubert y Labondance (2018) muestran que las UMP de QE y FG logran afectar la economía al mover la curva de rendimientos, en el caso de QE en la parte de largo plazo de esta curva y en el caso de FG en la parte de medio plazo de la curva de rendimiento. Por su parte, la política monetaria convencional afecta a la curva de rendimientos en la parte de corto plazo. Lo anterior es importante puesto que, si la tasa de interés sombra es aquella tasa de interés nominal de corto plazo consistente con las tasas de interés de largo plazo, entonces la tasa de interés sombra es capaz de capturar los efectos de QE y FG en la tasa de corto plazo.

El hecho de que la tasa de interés sombra puede ser un resumen de la política monetaria convencional y no convencional ha llevado a la formulación de distintas metodologías para estimarla. En este trabajo se utilizan las tasas de interés sombra propuestas por Wu y Xia (2016), Krippner (2020) y De Rezende y Ristiniemi (2020). Wu y Xia (2016) proponen una tasa de interés sombra que es derivada mediante el uso de tasas forward. Puntualmente, se asume que la tasa sombra es una función lineal de tres factores latentes que siguen un VAR(1) los cuales son estimados mediante un filtro de Kalman. Por su parte, Krippner (2020) usa un modelo gaussiano afín de la estructura de plazos con dos factores el cual también es estimado con un filtro de Kalman. En ambos modelos existe un ELB \underline{i}_t constante en el tiempo y si la tasa de interés de política monetaria es superior a \underline{i}_t entonces la

tasa de interés sombra es igual a la de política monetaria. En el caso de la Zona Euro, el ELB se ha modificado a lo largo del tiempo en la medida que la tasa de interés se ha vuelto negativa, así, Wu y Xia (2020) proponen una tasa de interés sombra con un i_t tiempo variante. Por otra parte, De Rezende y Ristiniemi (2020) proponen una tasa de interés sombra sin ELB i_t . Lo anterior implica que la tasa de interés sombra no tiene por qué ser igual a la tasa de política monetaria cuando la economía se encuentra por fuera del ELB. Esta característica puede ser útil para los últimos años de la muestra en donde los países avanzados empezaron a subir las tasas de interés de política monetaria sin haber reversado las UMP como QE.

Dada la multiplicidad de tasas de interés sombra y las discrepancias que se presentan entre ellas (ver Figura A1), se presentan dos criterios para escoger cuál se va a usar en el modelo. En primer lugar, se requiere que en ausencia de UMP $s_t = i_t$. En segundo lugar, se requiere que la tasa de interés sombra esté correlacionada con las medidas de UMP cuando la economía se encuentra en el ELB. Lo anterior es importante en la medida que permite realizar una equivalencia entre un choque de una UMP y un choque a la tasa de interés sombra. Para poner a prueba esta hipótesis, se plantea la siguiente regresión lineal:

$$s_t^{Met} = \kappa_0 + \kappa_1 QE_t + \kappa_2 FG_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

en donde s_t^{Met} es la tasa de interés sombra según el tipo de metodología (Met) que puede ser la de De Rezende y Ristiniemi (2020), la de Wu y Xia (2016) o la de Krippner (2020). QE_t es el logaritmo de las hojas de balance del gobierno y FG_t es la variable de Forward Guidance propuesta por Sutherland (2020). Esta regresión se encuentra en Wu y Zhang (2019b) quien usa solamente QE_t . En este trabajo se amplía dicha regresión para incluir Forward Guidance. A manera de hipótesis se espera que haya una relación negativa entre QE_t y s_t^{Met} . A su vez, se espera una relación positiva entre FG_t y s_t^{Met} .

En lo que concierne al criterio de insesgadez $s_t = i_t$, de manera cualitativa se puede apreciar que este es el caso (ver figura A1). Por otra parte, en la tabla 2 se encuentran los resultados de estimar la regresión 2. En términos generales, se encuentra una correlación negativa y significativa entre las hojas de balance y las tasas de interés sombra, excepto en el caso de las tasas de interés sombra de Krippner (2020). En lo que respecta a los anuncios de FG, estos tienden a no ser significativos, aunque los signos son positivos y las magnitudes no son económicamente despreciables. De esta forma, se concluye que para Estados Unidos se usará la tasa de interés sombra de Wu y Xia (2016), mientras que para la Zona Euro usará la tasa de interés sombra de Wu y Xia (2020). En el caso de Reino Unido se usará la tasa de interés sombra de De Rezende y Ristiniemi (2020). Esta elección se basa tanto en el cumplimiento de insesgadez como en el R cuadrado de la regresión 2. En el panel h de la figura 1 se muestran las tasas de interés sombra que se utilizarán en el modelo.

Tabla 2: Relación entre las UMP y las tasas de interés sombra

	Estados Unidos	Reino Unido	Zona Euro	Japón
Krippner (2020)				
Log de las hojas de balance	-0.273 (1.461)	-0.0638 (0.791)	-2.462*** (0.688)	-2.597*** (0.813)
Anuncio de Forward Guidance	0.678* (0.375)	0.718*** (0.232)	0.609* (0.323)	0.797*** (0.285)
Observaciones	84	113	135	180
R-cuadrado	0.0345	0.0199	0.423	0.324
De Rezende y Restiniemi (2020)				
Log de las hojas de balance	-0.604* (0.337)	-1.518*** (0.178)	-2.020*** (0.358)	-
Anuncio de Forward Guidance	0.167 (0.122)	0.0641 (0.0766)	0.185 (0.187)	
Observaciones	84	113	135	
R-cuadrado	0.197	0.794	0.564	
Wu y Xia (2016, 2020)				
Log de las hojas de balance	-2.554*** (0.600)	-2.529*** (0.477)	-7.391*** (0.509)	-
Anuncio de Forward Guidance	0.402 (0.259)	0.595 (0.543)	0.464 (0.431)	
Observaciones	84	113	135	
R-cuadrado	0.643	0.315	0.830	

Fuente: Elaboración propia con información de los bancos centrales para las hojas de balance del banco central. Se usan las tasas de interés sombra de Wu y Xia (2016), Wu y Xia (2020), De Rezende y Ristiniemi (2020) y Krippner (2020). La información de anuncios de FG tiene como fuente Sutherland (2020), Shirai (2013) y Shirai (2019).

Nota: La regresión tiene errores estándar corregidos mediante el uso de la regresión de Newey West y se permite autocorrelación serial hasta el doceavo rezago. El periodo muestral usado para Estados Unidos comprende los meses entre diciembre de 2008 y noviembre de 2015. El periodo muestral usado para Reino Unido comprende los meses entre marzo de 2009 y julio de 2018. En el caso de la Zona Euro se usó el periodo entre septiembre de 2008 hasta diciembre de 2019. En el caso de Japón el periodo muestral empieza en abril de 1998 y termina en marzo de 2013, la razón de esto es que después de 2013 el Banco de Japón modificó su FG para incluir las hojas de balance, es decir, la FG incluye información sobre el futuro de QE, lo que la hace distinta del resto de países.

Los estimadores aquí mostrados son similares a los encontrados en otros estudios (Wang (2019) para Japón y Sims y Wu (2020) para Estados Unidos). Es importante notar que la equivalencia encontrada por Sims y Wu (2020) es el resultado de la calibración y estimación de un modelo teórico y no de una estimación econométrica como aquí se realiza y el resultado es similar. Para el caso de Reino Unido y de la Zona Euro el autor no ha encontrado trabajos que hayan realizado tales equivalencias. De igual forma, el autor tampoco encontró trabajos que realicen una equivalencia entre la tasa de interés sombra y los anuncios de FG. Sin embargo, los estimadores aquí obtenidos son económicamente razonables.

Finalmente, así como las tasas de interés sombra escogidas se correlacionan con las medidas de UMP, también están altamente correlacionadas con las tasas de interés de largo plazo durante el periodo en el que la economía se encuentra en el ELB. En el caso de Estados Unidos la correlación es de 0.58, en el caso de la Zona Euro la correlación es de 0.8, en el caso del Reino Unido la correlación es de 0.92 y en el caso de Japón es de 0.83. Lo anterior es importante pues muestra que la tasa de interés sombra está correlacionada con las tasas de interés que los agentes económicos enfrentan.

4. El modelo

El modelo de proyección global que se utilizará en este trabajo es una versión simplificada del modelo propuesto por Gómez-Pineda (2019) el cual pertenece a la tradición de los modelos de proyección global (Carabenciov y Manchev (2013), Andrle y cols. (2014), Benes y cols. (2017) y Gonzalez y cols. (2020)). La estructura usual de estos modelos consiste en cuatro bloques: una curva IS, una curva de Phillips (en ocasiones separadas según tipos de inflación), una condición de paridad abierta y una regla de Taylor. El modelo aquí presentado consta de cuatro bloques para cada país: la curva IS, la curva de Phillips para la inflación básica, la condición de paridad abierta y una regla de política monetaria. El último bloque, en el cual este trabajo se diferencia de otros modelos semi-estructurales, es el de la política monetaria tanto convencional como no convencional, la cual se modela mediante el uso de tasas de interés sombra. A continuación se describen los distintos bloques usando como ejemplo la economía de la Zona Euro². También se describen las variables latentes tales como el PIB potencial, la tasa de interés natural, entre otras.

Por el lado de la demanda agregada, se tiene la siguiente curva IS:

$$y_t^{\hat{E}U} = \alpha_f^{EU} \mathbf{E}_t[y_{t+1}^{\hat{E}U}] + \alpha_{\hat{y}}^{EU} y_{t-1}^{\hat{E}U} - \alpha_{\hat{r}}^{EU} (s_t^{\hat{E}U} - \mathbf{E}_t[\pi_{t+1}^{EU}]) + \alpha_{\hat{q}}^{EU} q_t^{EU\hat{WO}} + \alpha_{y\hat{W}O}^{EU} y_t^{EU\hat{WO}} + \varepsilon_t^{\hat{y}^{EU}} \quad (3)$$

en donde $y_t^{\hat{E}U}$ es la brecha del producto, $\mathbf{E}_t[y_{t+1}^{\hat{E}U}]$ denota la expectativa racional de la brecha del producto, $s_t^{\hat{E}U}$ es la brecha de la tasas de interés sombra, $\mathbf{E}_t[\pi_{t+1}^{EU}]$) es la expectativa racional de la inflación, $q_t^{EU\hat{WO}}$ es la brecha de la tasa de cambio real multilateral, $y_t^{EU\hat{WO}}$ es la brecha del producto externo el cual captura el rol de la demanda externa en la economía y $\varepsilon_t^{\hat{y}^{EU}}$ es un choque a la demanda. Los parámetros $\alpha_{\hat{r}}^{EU}$, $\alpha_{\hat{q}}^{EU}$ y $\alpha_{y\hat{W}O}^{EU}$ son positivos y los parámetros $\alpha_{\hat{y}}^{EU}$ y α_f^{EU} son positivos y su suma es inferior a la unidad.

²En este apartado se utiliza la economía de Europa como ejemplo con el fin de simplificar la exposición. El superíndice EU indica esto.

En la ecuación 3 la tasa de interés sombra captura varios hechos. En primer lugar, si bien los hogares no enfrentan las tasas de interés sombra de manera directa, sí lo hacen de manera indirecta. En el modelo propuesto por Wu y Zhang (2019b) la tasa de interés relevante para los hogares es el retorno de los bonos rb_t^{EU} el cual está afectado por dos componentes: la tasa de interés de política monetaria i_t^{EU} y la prima de riesgo $rp_t^{b,EU}$ de forma aditiva. De esta manera, en tiempos normales el banco central afecta rb_t^{EU} a través de cambios en i_t^{EU} , los cuales son capturados por s_t^{EU} . Por otra parte, cuando la economía se encuentra en el ELB, el banco central influye en el retorno de los bonos a través de UMP como QE y FG que afectan la prima de riesgo de los bonos. Dichos cambios en la prima de riesgo se reflejan en cambios en la tasa de interés sombra, tal como se mostró en la sección anterior. Por esto mismo, la tasa de interés sombra puede entrar de manera directa en la ecuación 3 pues captura tanto el rol de las políticas monetarias convencionales como las no convencionales. Las últimas son capturadas mediante el uso de valores negativos que reflejarían las reducciones en la prima de riesgo del retorno de los bonos generadas por QE y FG. Lo anterior permite modelar este tipo de políticas sin tener la no-linealidad generada por el ELB.

El proceso latente que sigue el producto potencial está descrito por las siguientes ecuaciones:

$$y_t^{EU} = y_t^{\hat{E}U} + y_t^{\bar{E}U} \quad (4)$$

$$y_t^{\bar{E}U} = y_{t-1}^{\bar{E}U} + \frac{1}{4}\gamma_t^{EU} + \varepsilon_t^{y_t^{\bar{E}U}} \quad (5)$$

$$\gamma_t^{EU} = \delta^{EU}\gamma_{t-1}^{EU} + (1 - \delta^{EU})\gamma_{ss}^{EU} + \varepsilon_t^{\gamma_t^{EU}} \quad (6)$$

en donde y_t^{EU} es el logaritmo del producto, $y_t^{\bar{E}U}$ es el producto potencial, el cual sigue el proceso descrito en las ecuaciones 5 y 6. Puntualmente, se trata de un proceso con raíz unitaria en donde el producto potencial crece a una tasa de crecimiento anualizada γ_t^{EU} , siendo esta última una combinación lineal entre su pasado y un valor de largo plazo γ_{ss}^{EU} . Las variables $\varepsilon_t^{y_t^{\bar{E}U}}$ y $\varepsilon_t^{\gamma_t^{EU}}$ representan choques al producto potencial y a la tasa de crecimiento potencial, respectivamente. La estructura de las ecuaciones 3, 4, 5 y 6 está basada en Gómez-Pineda (2019).

La curva de Phillips del modelo tiene la siguiente estructura:

$$\pi_t^{EU} = (1 - \theta^{EU})\mathbf{E}_t[\pi_{t+1}^{EU}] + \theta^{EU}\pi_{t-1}^{EU} + \theta_y^{EU}\hat{y}_t + \theta_q^{EU}q_t^{EUWO} + \varepsilon_t^{\pi^{EU}} \quad (7)$$

en donde θ_y^{EU} y θ_q^{EU} son positivos y θ^{EU} es positivo e inferior a la unidad. En este trabajo se utiliza la inflación básica en vez de la inflación total como indicador de la inflación de la economía. Puntualmente, se excluyen del IPC los componentes de alimentos y energía dado que estos bienes se comportan de forma distinta al resto de la canasta del IPC. Por un lado, los precios de los alimentos presentan

una amplia volatilidad debido a los choques climáticos. Por otro lado, el componente de energía suele ser altamente volátil para los países avanzados pues dependen en gran medida de los precios internacionales del petróleo o pueden estar regulados como en el caso de los países latinoamericanos. Con esto en mente, se excluyen estos componentes con el fin de obtener una medida de inflación que responda a las expectativas de inflación, la brecha del producto y la tasa de cambio.

Por su parte, la meta de inflación $\bar{\pi}_t^{EU}$ tiene el siguiente proceso latente:

$$\bar{\pi}_t^{EU} = \lambda^{EU} \bar{\pi}_{t-1}^{EU} + (1 - \lambda^{EU}) \bar{\pi}^{EU} + \varepsilon_t^{\bar{\pi}^{EU}} \quad (8)$$

en donde, $\bar{\pi}^{EU}$ es la meta de largo plazo de la inflación, en un esquema de inflación objetivo. De igual forma, la estructura utilizada en las ecuaciones 7 y 8 está basada en Gómez-Pineda (2019).

Es importante notar que el proceso latente descrito en la ecuación 8 es un proceso estacionario y esto puede no ser la mejor estructura para modelar la inflación en las economías latinoamericanas y del resto del mundo en donde hubo una clara tendencia negativa. Para las economías de Brasil, Colombia, México y el resto del mundo se utiliza un proceso latente diferente. En primer lugar, se descompone la inflación latente en un componente tendencial y un componente cíclico.

$$\bar{\pi}_t^{CO} = \pi_t^{CO,Tend} + \pi_t^{CO,Det} \quad (9)$$

El componente tendencial sigue una caminata aleatoria, de la siguiente forma:

$$\pi_t^{CO,Tend} = \pi_{t-1}^{CO,Tend} + \varepsilon_t^{CO,Tend} \quad (10)$$

y el componente cíclico sigue la siguiente estructura:

$$\pi_t^{CO,Det} = \lambda^{CO} \pi_{t-1}^{CO,Det} + (1 - \lambda^{CO}) \bar{\pi}_{ss}^{co} + \varepsilon_t^{\bar{\pi}^{CO,Det}} \quad (11)$$

en esencia, la ecuación 10 captura el hecho de que hay una tendencia, en este caso decreciente. Por otro lado, la ecuación 11 muestra que una vez la inflación llegue a niveles estables seguirá el proceso estacionario descrito en 11 en donde fluctuaría alrededor de $\bar{\pi}_{ss}^{co}$.

Wu y Zhang (2019b) mostraron que las tasas de interés sombra son un indicador de la política monetaria que tienen la particularidad de ser similares a la tasa de política monetaria cuando la economía está fuera del ELB, pero, a diferencia de las tasas de política monetaria, sí pueden tomar valores negativos. Siguiendo los resultados de Wu y Zhang (2019b) se propone una regla de política

monetaria para la tasa de interés sombra:

$$s_t^{EU} = sr_t^{\bar{EU}} + \mathbf{E}_t[\pi_{t+1}^{EU}] + \phi_y^{EU} y_t^{\hat{EU}} + \phi_\pi^{EU} [\pi_t^{UE} - \pi_t^{\bar{UE}}] + \varepsilon_t^{s^{EU}} \quad (12)$$

$$i_t^{EU} = Max(s_t^{EU}, i_t) \quad (13)$$

en donde $sr_t^{\bar{EU}}$ representa la tasa de interés sombra natural real, $\mathbf{E}_t[\pi_{t+1}^{EU}]$ la expectativa racional de la inflación, $\pi_t^{\bar{UE}}$ es la meta implícita de la inflación. Los parámetros ϕ_y^{EU} y ϕ_π^{EU} son positivos. Por su parte, la tasa de interés de política monetaria i_t^{EU} es igual a la tasa de interés sombra cuando esta es positiva pero es igual a cero cuando s_t^{EU} es negativa. Esto implica que para aquellos países en donde no se han realizado UMP, se utiliza como tasa de interés la de política monetaria pues la tasa de interés sombra sería igual a la tasa de interés de política monetaria.

La tasa de interés sombra real natural $sr_t^{\bar{EU}}$ está descrita por el siguiente proceso latente:

$$sr_t^{EU} = s_t^{EU} - \mathbf{E}_t[\pi_{t+1}^{EU}] \quad (14)$$

$$sr_t^{\bar{EU}} = sr_t^{\hat{EU}} + sr_t^{\bar{EU}} \quad (15)$$

$$sr_t^{\bar{EU}} = sr_t^{E\bar{U}, Det} + sr_t^{E\bar{U}, Tend} \quad (16)$$

$$sr_t^{E\bar{U}, Tend} = sr_{t-1}^{E\bar{U}, Tend} + \varepsilon_t^{sr^{E\bar{U}, Tend}} \quad (17)$$

$$sr_t^{E\bar{U}, Det} = \psi^{EU} (\gamma_t^{EU} - \gamma_{ss}^{EU}) + \varepsilon_t^{sr^{E\bar{U}, Det}} \quad (18)$$

en donde $sr_t^{\hat{EU}}$ es la brecha de la tasa de interés sombra real, y la tasa de interés sombra real natural $sr_t^{\bar{EU}}$ está compuesta por un componente tendencial $sr_t^{E\bar{U}, Tend}$ el cual sigue una caminata aleatoria y $sr_t^{E\bar{U}, Det}$ el cual es el componente cíclico de la tasa de interés sombra real natural. El componente cíclico es función del crecimiento del PIB potencial. De esta forma, la tasa de interés sombra natural $sr_t^{\bar{EU}}$ logra capturar la tendencia negativa en la tasa de interés natural, la cual está explicada por un crecimiento bajo en la productividad, aproximada por γ_t^{EU} . Holston y cols. (2017) y Gómez-Pineda (2019) dan evidencia de este fenómeno a nivel global.

Como se mostró en la tercera sección, la tasa de interés sombra es una función de las políticas no convencionales cuando la economía se encuentra en el ELB. Siguiendo a Bernanke (2020) la política monetaria convencional se realiza cuando se mueve la tasa de interés de política monetaria i_t^{EU} . Por otra parte, las UMP son aquellas que afectan a la tasa de interés sombra, pero no a la tasa de política monetaria, tal es el caso de QE y FG. Lo anterior tiene una implicación importante. Cuando la economía se encuentra fuera del ELB, $i_t^{EU} = s_t^{EU}$, los choques $\varepsilon_t^{s^{EU}}$ se pueden interpretar como

choques a i_t^{EU} y por lo tanto se tratarían de choques de política monetaria convencional. Sin embargo, cuando $i_t^{EU} = \underline{i}_t$, los choques $\varepsilon_t^{s^{EU}}$ se pueden interpretar como choques de UMP pues son generados por QE o por FG.

Polis y Pietrunti (2019) mostraron que el modelo neokenesiano de tasas de interés sombra para una economía cerrada propuesto por Wu y Zhang (2019b) podía expandirse hacia una economía abierta mediante el uso de una condición de paridad descubierta de tasas de interés sombra, la cual se describe a continuación en términos reales:

$$q_t^{EU|US} = \mathbf{E}_t[q_{t+1}^{EU|US}] - \frac{1}{4}(sr_t^{EU,det} - sr_t^{US,det}) + \chi_t^{EU|US} \quad (19)$$

en donde $q_t^{EU|US}$ es el logaritmo de la tasa de cambio real bilateral entre Europa y Estados Unidos, $sr_t^{EU,det}$ es la tasa de interés sombra real sin tendencia, $sr_t^{EU} = sr_t^{EU} - sr_t^{EU,Tend}$ y $\chi_t^{EU|US}$ es el residual de esta condición de paridad. $\chi_t^{EU|US}$ está compuesto a su vez por una componente de corto plazo $\chi_t^{E\hat{U}|US}$ el cual es un error estocástico y un componente tendencial $\chi_t^{E\bar{U}|US}$ el cual tiene el siguiente proceso latente:

$$\chi_t^{E\bar{U}|US} = q_t^{E\bar{U}|US} - \mathbf{E}_t[q_{t+1}^{E\bar{U}|US}] + \frac{1}{4}(sr_t^{EU,Tend} - sr_t^{US,Tend}) \quad (20)$$

en donde $q_t^{E\bar{U}|US}$ es el logaritmo de la tasa de cambio real bilateral latente, el cual sigue un proceso latente como el descrito a continuación:

$$q_t^{E\bar{U}|US} = q_{t-1}^{E\bar{U}|US} + \vartheta_t^{EU} + \varepsilon_t^{q^{E\bar{U}|US}} \quad (21)$$

$$\vartheta_t^{EU} = \vartheta_{t-1}^{EU} + \varepsilon_t^{\vartheta^{EU}} \quad (22)$$

en donde ϑ_t^{EU} es el cambio de la tasa de cambio latente y sigue un proceso de raíz unitaria. $\chi_t^{E\hat{U}|US}$ es un choque estocástico asociado al riesgo, $\varepsilon_t^{q^{E\bar{U}|US}}$ es un choque a la tasa de cambio real bilateral latente y $\varepsilon_t^{\vartheta^{EU}}$ es un choque al cambio de esta variable. Nótese que a diferencia de las otras variables que se expresaron en términos de brecha, aquí se expuso el nivel y el valor latente, siguiendo las convenciones de la literatura. La brecha de la tasa de cambio real bilateral es: $q_t^{E\hat{U}|US} = q_t^{EU|US} - q_t^{E\bar{U}|US}$.

Por su parte, la tasa de cambio multilateral real es un promedio ponderado por la importancia en el comercio internacional de las tasas de cambio bilaterales. En el caso de Europa,

$$q_t^{EUWO} = \omega^{EUUS} q_t^{EU|US} + \omega^{EURU} q_t^{EU|UK} + \dots + \omega^{EURM} q_t^{EU|RM} \quad (23)$$

en donde el logaritmo de la tasa de cambio real bilateral entre la Zona Euro y el Reino Unido $q_t^{EU|UK}$ está definido como: $q_t^{EU|RU} = q_t^{EU|US} - q_t^{RU|US}$. De forma similar sucede con el valor latente de la tasa de cambio real multilateral la cual sigue la siguiente fórmula:

$$q_t^{EU\bar{W}O} = \omega^{EUUS} q_t^{E\bar{U}|US} + \omega^{EURU} q_t^{E\bar{U}|RU} + \dots + \omega^{EURM} q_t^{E\bar{U}|RM} \quad (24)$$

y $q_t^{E\bar{U}|RU} = q_t^{E\bar{U}|US} - q_t^{R\bar{U}|US}$. Finalmente, $q_t^{EU\hat{W}O} = q_t^{EUWO} - q_t^{E\bar{U}WO}$. Las ecuaciones 20, 21, 22, 23 y 24 están basadas en Gómez-Pineda (2020).

En el caso de China, al tener un régimen administrado de tasa de cambio, la tasa de cambio no obedece a la paridad abierta de interés. En este sentido, la tasa de cambio real bilateral contra Estados Unidos está descrita por la siguiente ecuación:

$$q_t^{CN|US} = q_t^{C\bar{N}|US} + \chi_t^{C\hat{N}|US} \quad (25)$$

en donde la tasa de cambio real es igual a la tasa de cambio real latente más choques $\chi_t^{C\hat{N}|US}$ que reflejan la política cambiaria de China. $q_t^{C\bar{N}|US}$ sigue el mismo proceso descrito en 21 y 22.

Como se puede notar en cuanto a la pregunta de investigación, el modelo incluye de manera explícita dos mecanismos mediante los cuales la UMP de los países avanzados afecta a los países latinoamericanos. El primero es el de la demanda externa capturado por la inclusión de y_t^{COWO} en la ecuación IS y el canal de la tasa de cambio mediante la paridad abierta de interés y sus efectos en la demanda agregada y la inflación. Existen otros potenciales canales como el de los términos de intercambio que podrían ser una fuente de transmisión de *spillovers* de la política monetaria de los países avanzados. Dicho canal no está incluido de manera explícita en el modelo, aunque puede estar capturado en los términos de error de la curva de demanda agregada. Respecto a esto, la ausencia de este mecanismo de transmisión podría sesgar a la baja la influencia de los *spillovers* de política monetaria. De forma similar sucede con el canal del crédito bancario, cuya ausencia también implica una subestimación de los *spillovers* de política monetaria.

5. Calibración y estimación

En lo que respecta a los coeficientes del modelo, en total son 275 parámetros³. De estos, se estiman mediante métodos bayesianos aquellos que se consideran importantes para los *spillovers* de la

³Cada país modelado tiene 25 parámetros. En el caso de Europa, α_f^{EU} , $\alpha_{\tilde{y}}^{EU}$, α_r^{EU} , $\alpha_{\tilde{q}}^{EU}$, $\alpha_{y\bar{W}O}^{EU}$, δ^{EU} , γ_{ss}^{EU} , θ_y^{EU} , θ_q^{EU} , λ^{EU} , $\pi_{SS}^{\bar{E}U}$, ϕ_y^{EU} , ϕ_{π}^{EU} , ψ^{EU} y un ω^{EUJ} para cada país distinto a Europa (10).

política monetaria. Puntualmente, los parámetros $\alpha_{\hat{r}}$, $\alpha_{\hat{q}}$, $\alpha_{y\hat{W}O}$, θ_q , ϕ_y , ϕ_π y ψ son estimados mediante métodos bayesianos y los parámetros restantes son calibrados teniendo en cuenta varios aspectos: funciones impulso-respuesta y descomposiciones históricas razonables. Por otra parte, los procesos latentes como el producto potencial se estiman mediante el uso del filtro de Kalman multivariado y su estimación es simultánea con los parámetros del modelo.

Tabla 3: Parámetros y desviaciones estándar relativas calibradas

	US	EU	UK	JA	MX	BR	CO	CL	PE	CN	RM
Parámetros											
α_f	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
$\alpha_{\hat{y}}$	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
δ	0.2	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.3	0.3	0.7	0.7	0.7
γ_{ss}	2.2	1.4	1.4	0.7	2.6	3.2	3.8	4	4.5	7	4.5
θ	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
λ	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
π_{ss}^-	2	1.5	1.5	0	3	5	3	2	2	1.5	4.5
Desviación estándar relativa											
$(\sigma_{\varepsilon^{\bar{y}}} + \sigma_{\varepsilon^{\gamma}})/\sigma_{\varepsilon^{\bar{y}}}$	0.1	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5	0.3
$\sigma_{\varepsilon^{\bar{\pi}}}/\sigma_{\varepsilon^{\pi}}$	0.05	0.1	0.05	0.05	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
$(\sigma_{\varepsilon^{srTend}} + \sigma_{\varepsilon^{srDet}})/\sigma_{\varepsilon^s}$	0.05	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.3	0.1	0.1
$(\sigma_{\varepsilon^{\bar{q}}} + \sigma_{\varepsilon^{\vartheta}})/\sigma_{\hat{\chi}}$	–	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Fuente: Elaboración propia. La nomenclatura de los países es la misma que en la tabla 1.

Nota: α_f es el componente forward looking de la brecha del producto y $\alpha_{\hat{y}}$ es la persistencia de la brecha del producto (ver ecuación 3). En cuanto al crecimiento del PIB potencial, δ es la persistencia de dicha tasa de crecimiento y γ_{ss} es el crecimiento de estado estacionario (ver ecuación 5 y 6). En cuanto a la inflación, θ es el componente backward looking de la inflación (ver ecuación 7) y en cuanto a la meta de inflación, λ es la persistencia y π_{ss}^- es el valor de estado estacionario de la inflación (ver ecuación 8 y 11). Por su parte, se muestra las desviaciones relativas de distintos procesos latentes. $(\sigma_{\varepsilon^{\bar{y}}} + \sigma_{\varepsilon^{\gamma}})/\sigma_{\varepsilon^{\bar{y}}}$ es la desviación relativa de los choques de producto potencial y del crecimiento del producto potencial respecto a la desviación estándar de la brecha del producto. $\sigma_{\varepsilon^{\bar{\pi}}}/\sigma_{\varepsilon^{\pi}}$ es la desviación relativa de los choques a la meta de inflación respecto a la desviación estándar de los choques de inflación. $(\sigma_{\varepsilon^{srTend}} + \sigma_{\varepsilon^{srDet}})/\sigma_{\varepsilon^s}$ es desviación relativa de los choques al componente tendencial y cíclico respecto a los desviación estandar de los choques de política monetaria. Finalmente, $(\sigma_{\varepsilon^{\bar{q}}} + \sigma_{\varepsilon^{\vartheta}})/\sigma_{\hat{\chi}}$ son las desviaciones estándar relativas de la tasa de cambio real bilateral latente y de la tasa de crecimiento de esta relativos a los choques de la tasa de cambio real bilateral.

En la tabla 3 se muestran los parámetros calibrados. De aquí destacan los parámetros α_y , γ_{ss} , θ y π_{ss}^- . En cuanto a α_y y θ estos valores se fijaron de tal manera que las funciones de impulso respuesta fueran similares a los encontrados en literatura previa en términos de duración del choque. γ_{ss} corresponde a la tasa de crecimiento de largo plazo, que coincide con el crecimiento promedio observado en el periodo. En el caso de π_{ss}^- en algunos países se usó la meta de inflación como indicador. En otros países en donde no hay inflación objetivo-explicita se usó la inflación promedio. En el caso de Japón, Reino Unido y la Zona Euro, en donde existe meta de inflación del 2 %, la inflación se ha ubicado por debajo de esta meta y se usa el promedio en vez de la meta como valor de π_{ss}^- . Finalmente, los distintos valores de $\omega^{PaisA|PaisB}$ se calibraron teniendo en cuenta la matriz de destino de las exportaciones de cada país (ver tabla 1).

Tabla 4: Parámetros estimados por métodos bayesianos

	Curva IS		Curva de Phillips		Regla de Taylor			
	$\alpha_{\hat{r}}$	$\alpha_{\hat{q}}$	$\alpha_{y^{wo}}$	$\theta_{\hat{y}}$	$\theta_{\hat{q}}$	$\phi_{\hat{y}}$	ϕ_{π}	ψ
Estados Unidos								
Prior	0.15	0.1	0.1	0.15	0.1	0.5	0.5	0.95
Posterior	0.199	0.069	0.049	0.140	0.079	0.552	0.36	0.950
Zona Euro								
Prior	0.15	0.1	0.1	0.15	0.1	0.5	0.5	0.95
Posterior	0.163	0.115	0.107	0.155	0.114	0.542	0.548	0.949
Reino Unido								
Prior	0.15	0.1	0.1	0.15	0.1	0.5	0.5	0.95
Posterior	0.146	0.102	0.108	0.178	0.113	0.570	0.608	0.950
Japón								
Prior	0.15	0.1	0.1	0.15	0.1	0.5	0.5	0.95
Posterior	0.173	0.106	0.100	0.145	0.107	0.529	0.459	0.950
China								
Prior	0.15	0.1	0.1	0.15	0.1	0.5	0.5	0.95
Posterior	0.169	0.098	0.100	0.145	0.096	0.531	0.472	0.947
Resto del mundo								
Prior	0.15	0.1	0.1	0.15	0.1	0.5	0.5	0.95
Posterior	0.158	0.103	0.101	0.174	0.116	0.552	0.381	0.949
México								
Prior	0.15	0.05	0.05	0.15	0.05	0.5	0.5	0.8
Posterior	0.159	0.063	0.057	0.180	0.069	0.548	0.531	0.800
Brasil								
Prior	0.15	0.05	0.05	0.15	0.05	0.5	0.5	0.8
Posterior	0.155	0.086	0.061	0.191	0.075	0.557	0.236	0.800
Colombia								
Prior	0.15	0.05	0.05	0.15	0.05	0.5	0.5	0.8
Posterior	0.154	0.065	0.061	0.184	0.071	0.678	0.520	0.799
Chile								
Prior	0.15	0.05	0.05	0.15	0.05	0.5	0.5	0.8
Posterior	0.148	0.059	0.061	0.161	0.076	0.457	0.446	0.799
Perú								
Prior	0.15	0.05	0.05	0.15	0.05	0.5	0.5	0.8
Posterior	0.166	0.074	0.051	0.156	0.075	0.530	0.464	0.780

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los parámetros estimados son los siguientes. De la curva IS, $\alpha_{\hat{r}}$ que representa el efecto de la brecha de la tasa de interés real en la brecha del producto, $\alpha_{\hat{q}}$ es el efecto de la brecha de la tasa de cambio real multilateral en la brecha del producto, $\alpha_{y^{wo}}$ es el efecto de la demanda externa en la brecha del producto (ver ecuación 3). En la curva de Phillips (ver ecuación 7), $\theta_{\hat{y}}$ es la pendiente de dicha curva y $\theta_{\hat{q}}$ es el pass-through de la tasa de cambio a la inflación básica. En la regla de Taylor (ver ecuación 12), $\phi_{\hat{y}}$ es la respuesta de la tasa de interés a la brecha del producto y ϕ_{π} es la respuesta de la tasa de interés a la brecha de la inflación. Finalmente, ψ relaciona a la tasa de crecimiento del PIB potencial con la tasa de interés (sombra) real natural (ver ecuación 18).

En la tabla 4 se encuentran los resultados de la estimación de los coeficientes. En lo que concierne a los estimadores de $\alpha_{\hat{r}}$ se fijó 0.15 como valor a priori para todas las economías para reflejar una pendiente relativamente plana de la tasa de interés sombra en la demanda agregada. Se puede notar que los estimadores obtenidos por métodos bayesianos fluctuaron entre 0.15 y 0.199 mostrando que los datos sí brindaron información importante y sugieren una curva de demanda agregada más empinada.

En lo que se refiere a α_q y α_{ywo} se fijaron valores de 0.1 para las economías avanzadas y de 0.05 para las economías latinoamericanas. Lo anterior captura el hecho de que el pass-through es menor para las economías latinoamericanas pues hay menor participación de los bienes importados en la canasta de consumo. De nuevo los estimadores a posteriori de α_q fueron superiores a los fijados a priori en la mayoría de los países. En el caso de α_{ywo} en los países avanzados el estimador a priori tendió a ser superior al estimador a posteriori, mientras que en el caso de los países de Latinoamérica, el estimador a posteriori fue ligeramente superior al fijado a priori.

En lo que concierne a la curva de Phillips para el parámetro de θ_y se fijó un valor de 0.15 para todos los países, indicando una curva de Phillips relativamente plana. En la mayoría de los casos el estimador a posteriori fue superior al fijado a priori, exceptuando Estados Unidos y Japón. Por otra parte, se fijó el pass-through para los países desarrollados en 0.1 y para los países latinoamericanos en 0.05. Lo anterior refleja las diferencias en la participación de los bienes transables en las canastas de consumo entre este tipo de países. En todos los casos el estimador a posteriori fue mayor a los valores fijados a priori.

En cuanto a la regla de Taylor, los valores de ϕ_y y ϕ_π fueron fijados en 0.5. Los resultados de la estimación por métodos bayesianos muestran que los datos brindaron información importante al modelo puesto que en algunos casos la discrepancia entre los valores a priori y los valores a posteriori es superior a 0.1, como sucede en la Zona Euro, Reino Unido, México, Brasil y Colombia. Finalmente, ψ es el único parámetro en el que la estimación por métodos bayesianos brindó poca información al respecto: en los países latinoamericanos se usó un ψ de 0.80 en vez de uno de 0.95 dado que γ_t es más volátil en los países latinoamericanos que en los países avanzados y es deseable que las estimaciones de la tasa de interés sombra natural sean poco volátiles, dado que se trata de un valor de *equilibrio*.

6. Resultados

En esta sección se discuten los distintos resultados del modelo. En primer lugar, se presentan las funciones impulso respuesta de los choques de UMP. En segundo lugar, se realizan ejercicios contrafactualles en donde se simula un mundo sin UMP. También se presentan las descomposiciones históricas en variables clave como lo son la brecha del producto, la brecha de la inflación y la brecha de la tasa de interés (sombra) real. Luego de esto se analizan los *spillovers* de volatilidad de la política monetaria y de otros choques. Finalmente, se presentan ejercicios de robustez relativos al potencial cambio estructural que puede generar el ELB, así como el uso de distintas tasas de interés sombra.

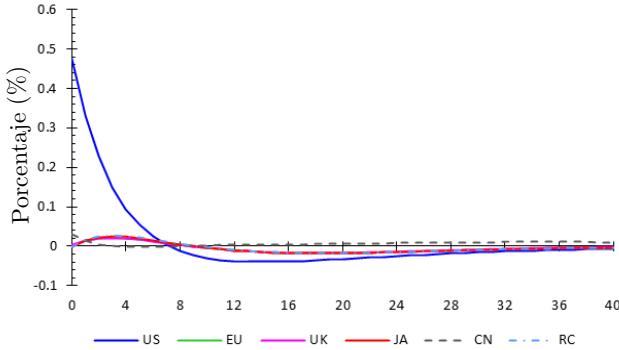
6.1. Funciones Impulso Respuesta

En la Figura 2 se muestran las funciones impulso respuesta ante una reducción de la tasa de interés sombra de Estados Unidos en 2.5 unidades, equivalentes a un choque expansivo de las hojas de balance del banco central en 100 % (ver tabla 2). En el panel (a) de esta figura se puede ver que este choque expande en 0.4 puntos porcentuales la brecha del producto y en el resto de los países los efectos son cercanos a cero. En el panel (b) se observa el impulso respuesta de dicho choque en la brecha del producto de los países latinoamericanos, y de forma similar a los otros países los choques son aproximadamente 10 veces más pequeños que el efecto local en Estados Unidos. En el caso de la inflación, este choque tiene efectos de 0.2 % en la inflación de Estados Unidos y los choques en los otros países son inferiores al 0.1 %. En el caso de China, este choque genera deflación. Lo anterior se debe a la forma en que la tasa de cambio funciona en China, al tener un régimen de tasa de cambio administrado la tasa de cambio bilateral entre China y Estados Unidos se mantiene estable, pero los efectos de las otras monedas hacen que la tasa multilateral de China se deprecie y genera deflación. Por su parte, las tasas de interés de los otros países responden con incrementos en la medida en que la inflación y la brecha del producto aumentan. De forma similar, la magnitud del efecto es de dos órdenes de magnitud inferior al choque inicial. De esta manera, se puede concluir que los *spillovers* de la política monetaria de Estados Unidos son despreciables.

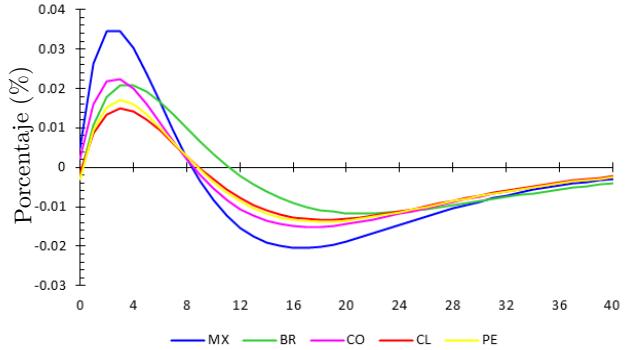
Como se puede observar en la tabla 5, la respuesta de las economías latinoamericanas son bajas. La respuesta más grandes se dan en la tasa de cambio seguidas por la tasa de interés, la inflación y por último la brecha del producto. En el caso de todas las economías los efectos más grandes se dieron en la respuesta al choque de QE en Estados Unidos, seguidos por el choque de QE de la Zona Euro y el choque de FG en Estados Unidos. Finalmente, los choques de Reino Unido y Japón son en su mayoría económicamente nulos. Las respuestas de los choques provenientes de Estados Unidos son más grandes en México que en el resto de las economías, lo anterior se debe principalmente al rol del comercio internacional puesto que el 70 % de las exportaciones de México tiene como destino los Estados Unidos mientras que en los otros países este porcentaje es inferior al 37 % (ver tabla 1). En el caso de los choques provenientes de Europa sucede lo contrario, es decir, los efectos son inferiores en México que en el resto de los países latinoamericanos y esto se debe a la baja participación de las exportaciones hacia Europa en las exportaciones mexicanas. Los efectos de las UMP provenientes de Reino Unido y Japón son económicamente nulos y esto se debe a que en la mayoría de los casos el peso de estas economías en la demanda externa de Latinoamérica es inferior al 10 %. Los resultados obtenidos son cualitativamente similares a los de Chen y cols. (2017).

Figura 2: Funciones impulso respuesta a un choque de QE en Estados Unidos

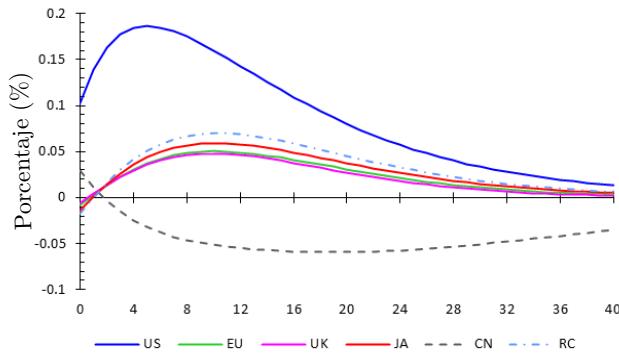
(a) Brecha del producto - Avanzados, China y Resto del mundo



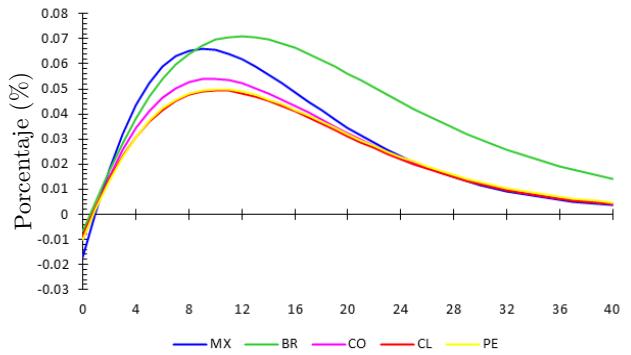
(b) Brecha del producto - Latinoamérica



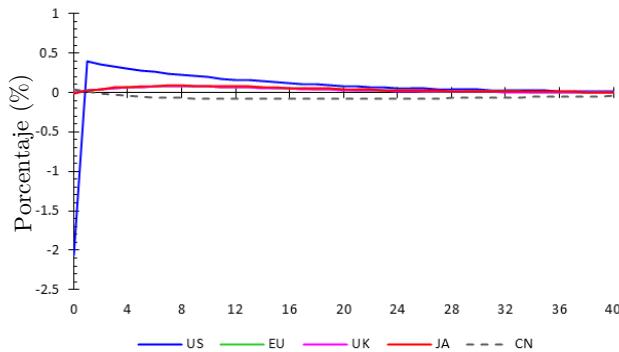
(c) Inflación - Avanzados, China y Resto del mundo



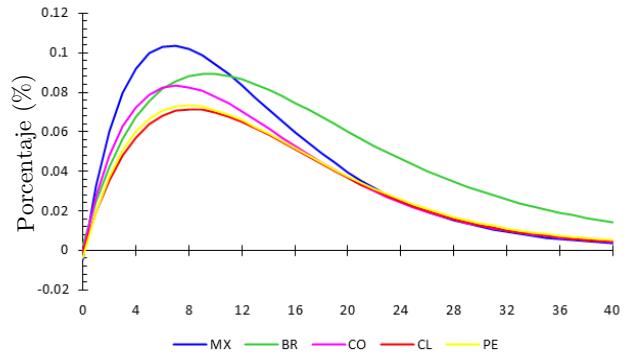
(d) Inflación - Latinoamérica



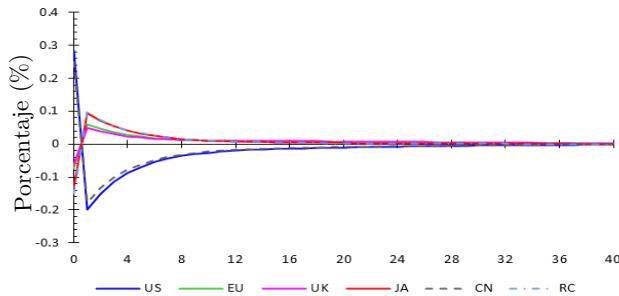
(e) Tasa de interés sombra nominal - Avanzados, China y Resto del mundo



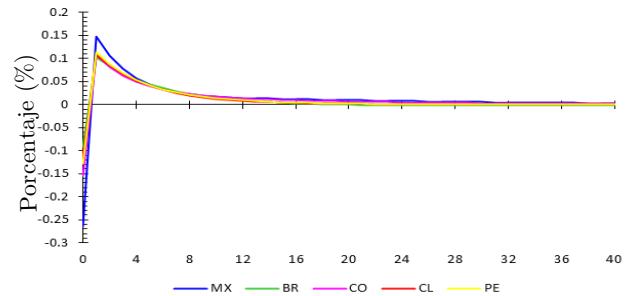
(f) Tasa de interés sombra nominal - Latinoamérica



(g) Tasa de cambio multilateral real - Avanzados, China y Resto del mundo



(h) Tasa de cambio multilateral real - Latinoamérica



Nota: Efectos de un choque negativo de 2.5 unidades en la tasa de interés sombra nominal, equivalente a un incremento de 100 en las hojas de balance de la Reserva Federal, según las estimaciones de la tabla 2.

En la tabla 5 se encuentra que, en la mayoría de los casos, los choques de QE provenientes de los países desarrollados son mayores que aquellos generados por FG. Es importante notar que el choque de QE simula un aumento de 100 % en las hojas de balance de los bancos centrales, el cual es un cambio alto y explica, en gran medida, la superioridad de los choques de QE sobre los choques de FG. Sin embargo, a pesar de que los choques de QE son grandes, los *spillovers* son bajos. Ello muestra que el efecto de las UMP por fuera del país de origen es bajo.

Tabla 5: Comparación de funciones de impulso respuesta a choques de UMP - Máximos

	Estados Unidos		Zona Euro		Reino Unido		Japón	
	QE	FG	QE	FG	QE	FG	QE	FG
México								
Brecha del producto	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inflación	0.07	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tasa de interés	0.10	0.02	0.08	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
Brecha de la TCRM	-0.26	-0.05	0.00	-0.08	-0.10	-0.05	-0.08	0.00
Brasil								
Brecha del producto	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inflación	0.07	0.01	0.11	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
Tasa de interés	0.09	0.02	0.14	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
Brecha de la TCRM	-0.09	-0.02	-0.08	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00
Colombia								
Brecha del producto	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inflación	0.05	0.01	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Tasa de interés	0.08	0.02	0.11	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
Brecha de la TCRM	-0.15	-0.03	-0.10	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Chile								
Brecha del producto	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inflación	0.05	0.01	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Tasa de interés	0.07	0.01	0.10	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
Brecha de la TCRM	-0.11	-0.02	-0.05	0.00	0.00	0.00	-0.03	-0.01
Perú								
Brecha del producto	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inflación	0.05	0.01	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Tasa de interés	0.07	0.01	0.10	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
Brecha de la TCRM	-0.13	-0.03	-0.08	-0.01	0.00	0.00	-0.01	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los choques de QE son una expansión del 100 % en las hojas de balance. De esta manera, los choques de QE en Estados Unidos, la Zona Euro, Reino Unido y Japón corresponden a una disminución de 2.5, 7.5, 2.5 y 1.5 unidades en la tasa de interés sombra, respectivamente. Los choques de FG están representados por una caída de 0.5 unidades en la tasa de interés sombra para Estados Unidos y la Zona Euro, en Reino Unido dicho choque es de una caída de 0.1 unidades en la tasa de interés sombra y en Japón esto corresponde a una caída de 0.8 unidades en la tasa de interés sombra. Ver tabla 2

6.2. Un mundo sin UMP

En las anteriores subsecciones de resultados se ha concluido que los efectos de las políticas monetarias tanto convencionales como no convencionales no son relevantes en términos económicos. Sin embargo, una pregunta distinta es qué hubiera pasado si no se hubieran implementado las UMP. Lo anterior es una evaluación de impacto de las UMP. En el marco de las evaluaciones de impacto se requiere la creación de un escenario contrafactual en donde no se hubieran llevado a cabo este tipo de políticas para así compararlo con los datos observados en donde este tipo de políticas sí se llevaron a cabo (la realidad). En este documento se sigue el enfoque sugerido por Wu y Xia (2016) y Mouabbi y Sahuc (2019) en donde se reemplazan los errores observados ε^s por los errores $\varepsilon^{s,II}$ los cuales logran que la tasa de interés sombra de un país específico se mantenga en cero en aquellos períodos en donde este indicador tuvo valores negativos. De esta manera, se puede crear un contrafactual en donde la política monetaria estuvo afectada por el ELB.

En la tabla 6 se encuentran los resultados de cuatro escenarios contrafactuals. En el primer contrafactual⁴, en donde Estados Unidos no implementa UMP, Estados Unidos enfrenta pérdidas cercanas al 8.1 % en el último trimestre de 2014, mientras que en el resto de los países las pérdidas no superan el 1 %. El país más afectado por la ausencia de estas políticas sería México, el cual tendría pérdidas de 0.7 % en el PIB, seguido por Brasil, China, Japón y el resto del mundo, los cuales tendrían pérdidas cercanas al 0.5 %. Los países menos afectados serían Chile y Perú. En lo que concierne a la inflación, la mayoría de los países habrían tenido una inflación sustancialmente menor. En el caso de Brasil, México, Japón y el resto del mundo la inflación sería dos puntos porcentuales inferior a la observada. Por su parte, China tendría una inflación mayor a la observada, esto se asocia a que la tasa de cambio no está en función de los diferenciales de las tasas de interés, ni de la expectativa de la tasa de cambio. En cuanto a la dinámica de la tasa de cambio se puede ver que, salvo China, el resto de los países tienen una moneda más fuerte. Esto se debe a que, si bien la tasa de interés de Estados Unidos es significativamente mayor que la observada, el contrafactual genera una expectativa racional de una menor tasa de interés en el futuro para Estados Unidos, y esto hace que la expectativa racional se adelante a este fenómeno y por eso los países con paridad descubierta de intereses terminan con una moneda revaluada.

Hay otros dos escenarios contrafactuals relativos a la ausencia de UMP por parte de la Zona Euro y Reino Unido. En estos escenarios se obtienen resultados cualitativamente similares; sin embargo, su efecto no es tan alto. En el caso de la Zona Euro, la tasa de interés sombra tomó valores negativos desde 2012, mientras que en el caso de Estados Unidos esto sucedió desde 2009. Esta diferencia en la

⁴En el anexo A5 se encuentran las gráficas de este contrafactual para Estados Unidos y Colombia

duración del ELB explicaría esta discrepancia. En el contrafactual de Reino Unido, los efectos no son tan importantes pues no es una economía tan central como la estadounidense.

Tabla 6: Efectos de las UMP - 2014T4

	US	EU	JA	UK	RM	CN	MX	BR	CO	CL	PE
Estados Unidos											
PIB (%)	-8.1	-0.4	-0.5	-0.4	-0.5	-0.4	-0.7	-0.4	-0.5	-0.3	-0.3
Error estándar	(2.9)	(0.2)	(0.2)	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(0.3)	(0.2)	(0.2)	(0.2)	(0.2)
Inflación (pp)	-8.8	-1.5	-1.6	-1.4	-1.9	1.1	-1.8	-1.8	-1.6	-1.3	-1.4
Error estándar	(4.4)	(0.6)	(0.6)	(0.6)	(0.7)	(0.7)	(0.8)	(0.7)	(0.6)	(0.5)	(0.5)
Tasa de interés (pp)	2.4	-2.9	-3.1	-2.8	-3.5	1.8	-3.7	-2.9	-3.0	-2.3	-2.5
Error estándar	(0.0)	(1.1)	(1.2)	(1.0)	(1.3)	(1.2)	(1.6)	(1.1)	(1.1)	(0.9)	(1.0)
TCRM (%)	2.2	-0.8	-1.0	-0.6	-0.9	1.9	-1.1	-1.7	-1.3	-1.7	-1.6
Error estándar	(1.1)	(0.5)	(0.5)	(0.3)	(0.5)	(1.0)	(0.8)	(0.7)	(0.8)	(0.7)	(0.8)
Zona Euro											
PIB (%)	-0.1	-1.7	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0
Error estándar	(0.0)	(0.5)	(0.0)	(0.1)	(0.1)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)
Inflación (pp)	-0.2	-1.5	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
Error estándar	(0.1)	(0.7)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.0)	(0.1)	(0.0)	(0.0)	(0.0)
Tasa de interés (pp)	-0.4	2.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.4	-0.2	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3
Error estándar	(0.1)	(0.0)	(0.1)	(0.2)	(0.2)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)
TCRM (%)	-0.2	0.3	-0.1	0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2
Error estándar	(0.1)	(0.3)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)
Reino Unido											
PIB (%)	0.0	-0.1	0.0	-4.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Error estándar	(0.0)	(0.1)	(0.0)	(1.3)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)
Inflación (pp)	-0.3	-0.4	-0.3	-6.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2
Error estándar	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(2.2)	(0.1)	(0.1)	(0.0)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)
Tasa de interés	-0.5	-0.8	-0.5	2.2	-0.7	-0.5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3
Error estándar	(0.1)	(0.2)	(0.1)	(0.0)	(0.2)	(0.2)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)
TCRM (%)	-0.2	-0.1	-0.2	2.8	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
Error estándar	(0.1)	(0.1)	(0.0)	(1.0)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)
Un mundo sin UMP											
PIB (%)	-9.6	-5.8	-11.3	-8.3	-1.9	-2.9	-2.1	-0.7	-1.4	-1.2	-0.8
Error estándar	(3.0)	(1.9)	(4.1)	(2.2)	(1.9)	(1.9)	(1.9)	(1.6)	(1.3)	(1.0)	(1.1)
Inflación (pp)	-8.9	-6.7	-13.2	-11.3	-2.5	-1.6	-1.5	-2.1	-2.9	-2.3	-2.8
Error estándar	(3.8)	(2.1)	(5.4)	(3.3)	(2.0)	(2.2)	(2.2)	(2.1)	(1.6)	(1.2)	(1.2)
Tasa de interés (pp)	2.4	2.2	4.2	2.2	-6.4	-1.2	-3.0	-6.6	-4.5	-3.0	-3.5
Error estándar	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)
TCRM (%)	4.7	-1.0	3.2	1.8	7.8	2.7	-8.9	-6.9	-15.0	0.3	13.2
Error estándar	(1.0)	(0.5)	(2.4)	(1.4)	(2.4)	(0.9)	(0.9)	(0.8)	(0.7)	(0.8)	(2.4)

Fuente: Elaboración propia

Nota: El contrafactual de Estados Unidos impone una tasa de interés sombra en cero desde 2008T4. El contrafactual de la Zona Euro hace que la tasa sombra sea igual a la tasa EONIA, siguiendo a Mouabbi y Sahuc (2019) desde 2009T1. El contrafactual de Reino Unido impone una tasa sombra igual a cero desde 2009T1. Finalmente, el contrafactual un mundo sin UMP impone que ningún país puede tener una tasa de interés sombra negativa. Errores estándar entre paréntesis derivados a partir diez mil simulaciones basadas en la distribución posterior.

Finalmente, existe un cuarto ejercicio contrafactual en el cual ningún país implementa UMP, es decir, ningún país puede disminuir su tasa de interés a terreno negativo. Para crear este contrafactual fue necesario fijar una trayectoria exógena para las tasas de interés de todos los países, tal como se observa en la segunda fila de la figura A4⁵. En este escenario, los países más afectados son aquellos que entraron primero al ELB (Japón (2008T4), Estados Unidos (2009T3), Reino Unido (2009T1) y Zona Euro (2011T3)), en promedio la caída en PIB e inflación fue de -8,8 % y -10 %. Para estos países la tasa de interés fue 2.75 puntos porcentuales superior que la observada.

Luego de esto, siguen Colombia y México, países que entrarían en el ELB en 2014T1, donde las pérdidas del PIB serían del orden del 1.75 % y la inflación sería menor en 2.2 puntos porcentuales. Estos dos países son de los primeros países en entrar puesto que la importancia de los países desarrollados en las exportaciones de estos países es alta (superiores al 50 %). Finalmente, sus tasas de interés de política fueron inferiores a las observadas en -3.75 puntos porcentuales, en promedio.

El tercer grupo en entrar en el ELB está compuesto por la economía sintética denominada el resto del mundo, Chile y Perú, en donde la caída promedio del PIB sería de -1.3 % y la inflación se reduciría en 2.5 puntos porcentuales. Este tercer grupo entraría en el ELB de la política monetaria en 2014T3 y sus tasas de interés se reducirían en -4.3 puntos porcentuales, en promedio. Finalmente, China y Brasil se caracterizan por ser los últimos en entrar en el ELB y lo harían en 2016T1. Son los últimos en entrar pues además de que los países avanzados no tienen una importancia tan alta en las exportaciones, tenían tasas de interés relativamente altas. De hecho, para 2014T4 todavía tenían espacio para la realización de políticas monetarias convencionales. En 2014T4 estos países tendrían pérdidas en el PIB cercanas al 1.8 %, una inflación menor en 1.85 puntos porcentuales y una tasa de interés inferior en cerca de 4 puntos porcentuales.

El ejercicio aquí mostrado se compara de manera favorable con los hallazgos de Wu y Xia (2016) quienes a partir de un modelo FAVAR con tasas de interés sombra encuentran que en ausencia de UMP para el año 2014 Estados Unidos hubiera tenido pérdidas cercanas al 10 % en el índice de producción industrial (variable que usan en vez del PIB puesto que el modelo que ellas estiman está en frecuencia mensual) y se asimila a las pérdidas cercanas al 8 % en el PIB halladas en este documento. Sin embargo, en cuanto a la inflación, los resultados aquí mostrados son completamente opuestos a los encontrados por Wu y Xia (2016). Para Wu y Xia (2016) la inflación aumenta mientras que en este modelo la

⁵Esto requirió un proceso iterativo en donde se fijó la trayectoria de Estados Unidos, Japón y Reino Unido en cero desde 2009T4, y luego se fijaron las trayectorias de aquellos países que entraron primero a terreno negativo (Zona Euro) y con estas trayectorias fijadas de acuerdo a la regla de Taylor, se fijaron las de los otros países. Esto se hizo con los parámetros estimados y reportados en la tabla 4 y 3 y no incluye incertidumbre ante diferentes parámetros.

inflación disminuye. Lo anterior se debe a que el modelo de Wu y Xia (2016) tiene el problema de price-puzzle (ver Estrella (2015)).

De igual manera, el ejercicio se compara favorablemente con Mouabbi y Sahuc (2019) quienes en 2014T2 encontraron pérdidas del PIB cercanas al 2.5 %, lo cual es cercano al 1.7 % hallado en este documento. Sin embargo, en 2017T2 ellos encuentran una pérdida del PIB cercana al 4.5 % mientras que en nuestro caso, la diferencia es del 6.7%⁶. La diferencia en los resultados puede deberse a la tasa de interés sombra utilizada: mientras que en este trabajo se utilizó la tasa de interés sombra de Wu y Xia (2016), Mouabbi y Sahuc (2019) utilizaron un factor común de tres tasas de interés sombra provenientes de distintos autores y desde 2016 hay una discrepancia importante entre la tasa de interés sombra de Wu y Xia (2016) y la utilizada por Mouabbi y Sahuc (2019). Esta última nunca disminuyó más allá del -4 % mientras que la Wu y Xia (2016) llegó a niveles cercanos al -6 % en 2017.

Como se puede notar en el contrafactual en donde ningún país implementa UMP, en ausencia de estas, la economía mundial habría enfrentado un crecimiento mucho menor que el observado en el mundo real. El modelo aquí presentado replicaría la idea del potencial contagio del estancamiento secular propuesta por Eggertsson y cols. (2016), en donde la crisis generada por la entrada en el ELB en un país como Estados Unidos, llevaría al resto de la economía global al ELB y por ende a un estancamiento secular global.

Finalmente, si bien los ejercicios contrafactuales parecen estar en línea con los resultados encontrados por otros autores en los países avanzados, la ausencia de un mecanismo de transmisión de los *spillovers* en los términos de intercambio de los países latinoamericanos permite pensar que estos efectos encontrados pueden estar subestimando la caída real de la actividad económica generada por la ausencia de UMP, a través de los efectos de la caída de la demanda global en los efectos de los precios de los *commodities*. En el caso de la inflación, la ausencia de estos mecanismos puede llevar a una sobreestimación de la caída en dicha variable, aunque limitada dado que se modeló la inflación básica. De igual manera, sucede con el canal del crédito bancario mediante el cual la integración financiera hace que la política monetaria de un país avanzado se transmita a través del crédito. En este caso, la omisión de dicho canal también implica una subestimación del efecto en la brecha del producto y la inflación.

⁶En un modelo estimado utilizando la tasa de interés sombra propuesta por Mouabbi y Sahuc (2019) para la Zona Euro, se encontró una caída estimada de -3,2 %, lo que indica que esto sí genera diferencias.

6.3. Descomposiciones históricas

En esta sección se presentan los efectos históricos que tuvieron las políticas monetarias de los países avanzados en las economías latinoamericanas. En particular, desde el modelo teórico se destacan dos canales mediante los cuales se pueden dar *spillovers* de la política monetaria: el canal de la demanda externa y el canal de la tasa de cambio. En el caso del canal de la demanda, un choque en Estados Unidos puede afectar a las economías latinoamericanas mediante sus efectos en las exportaciones de estos últimos. El canal de la tasa de cambio muestra que los cambios de la política monetaria en un país avanzado llevan a cambios en las tasas de cambio que pueden afectar la inflación de los países latinoamericanos.

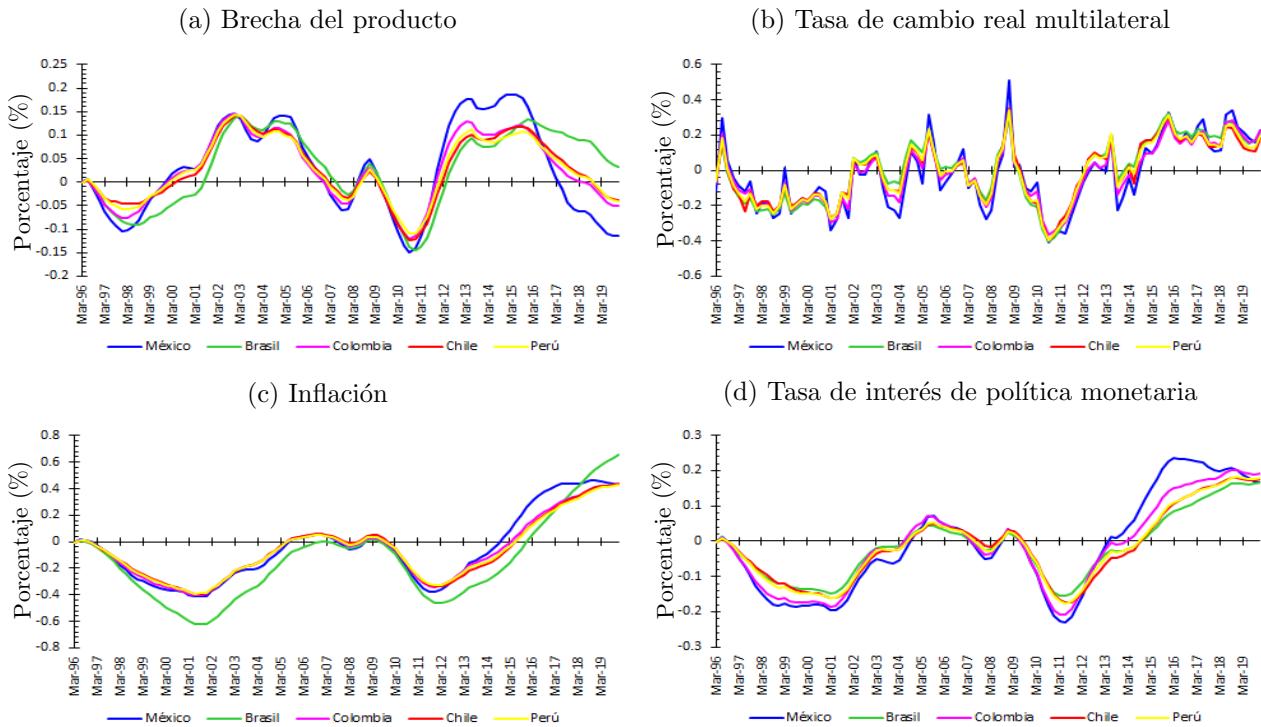
Antes de explicar los *spillovers* de la política monetaria es importante mostrar que el modelo replica los hechos estilizados de la historia económica de los países latinoamericanos en la historia reciente. En el caso de México, Colombia y Perú, se implementó el esquema de inflación objetivo a finales del siglo XX, y esto se puede observar en contribuciones negativas en la inflación provenientes de choques de inflación (barras rojas, segunda columna de la figura A2). También se ve que a inicios de los 2000, Colombia y Brasil tuvieron choques negativos de demanda asociados a la crisis económica de ese periodo (barras azules, primera columna de la figura A2). De igual forma se ve que todos los países enfrentaron choques de demanda negativos en 2008 que coincide con la crisis financiera de 2008. Finalmente, en 2014 la mayoría de países enfrentaron choques adversos en la demanda asociados a la caída de los precios de los *commodities*.

En la figura 3 muestra la contribución histórica que tuvieron los choques de política monetaria de los países avanzados en las economías latonamericanas después del 2008. Para entender esto es importante mostrar las tasas de interés sombra utilizadas y la regla de Taylor estimada por el modelo para los países avanzados. En la figura A3 se puede observar que en el periodo entre 2008T4 y 2010T4 la política monetaria de estos países fue contractiva en cerca de 2 puntos porcentuales, luego desde 2011T1 hasta 2016T4 Estados Unidos tuvo una política monetaria activa en cerca de dos puntos porcentuales hasta 2014 en donde esta postura fue muy expansiva en cerca de 4 puntos porcentuales mientras que la Zona Euro continuó siendo contractiva en cerca de dos puntos porcentuales. Después de 2016, Estados Unidos tuvo una política monetaria neutra, mientras que en la Zona Euro fue ampliamente activa, en cerca de dos puntos porcentuales. Japón tuvo un comportamiento similar al de Estados Unidos. Por su parte, Reino Unido tuvo una política monetaria relativamente neutra durante el periodo de análisis.

En lo que concierne a la brecha del producto (panel la figura 3) se puede ver que la postura contractiva de Estados Unidos y la Zona Euro desde 2008 hasta 2011 afectó de manera negativa la

brecha del producto de los países latinoamericanos. Su efecto fue una caída cercana a 0.15 puntos porcentuales en la brecha del producto. Es de notar que las funciones impulso respuesta mostraban un efecto limitado (0.02 pp), ello se debe a que era un choque de un solo periodo, mientras que acá se trata de un choque de cerca de ocho trimestres, así las magnitudes son consistentes con las encontradas en las funciones impulso respuesta. Luego de 2011 la política monetaria de Estados Unidos se vuelve ampliamente activa y durante cerca de 16 trimestres, de esta manera México es el principal beneficiado puesto que su relación comercial con Estados Unidos es mayor que la de los otros países latinoamericanos. Finalmente, luego de 2017 los *spillovers* de política monetaria de los países avanzados afectaron a México de manera negativa pues su principal socio comercial contrajo su tasa de interés. Por otra parte, en los otros países latinoamericanos pasó lo mismo aunque en menor proporción. El único país que tuvo *spillovers* positivos fue Brasil y provienen de la Zona Euro, en donde la política monetaria fue expansiva.

Figura 3: Spillovers de la política monetaria de los países avanzados hacia América Latina



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la tasa de cambio se pueden distinguir dos periodos clave a partir de la política monetaria de los países avanzados. En 2008T4 la posición de la política monetaria de los países avanzados se vuelve contractiva y continúa en esta tendencia hasta finales de 2010. Las funciones impulsos respuesta muestran que el efecto de contraer la tasa de interés sugiere un efecto de depreciación de las monedas latinoamericanas durante un solo trimestre y luego sigue una época de apreciación. Esto se refleja en el panel b de la figura 3 pues en 2008T4 se da una depreciación importante de las monedas y luego sigue un periodo de casi tres años de apreciación hasta que en 2011 las tasas de interés sombra de los

países avanzados se encuentran cerca de la regla de Taylor. Luego de este periodo en 2013 en donde la política monetaria de los países avanzados fue mayoritariamente activa se da un episodio breve de apreciación de las tasas de cambio de las monedas latinoamericanas y luego se da el correspondiente periodo de depreciación de la moneda similar al observado en el panel h de la figura 2. En cuanto a las magnitudes se pueden notar diferencias en México siendo la moneda que tiene los picos más altos, pero en términos generales la magnitud es similar.

Una vez se aclaran los efectos de los *spillovers* en las primeras variables que reciben los choques (brecha del producto y la tasa de cambio real multilateral) se puede entender el efecto en la inflación y la tasa de interés de política monetaria. Como se mostró en la figura 2 en cerca de 8 a 10 trimestres se da el mayor efecto generado por el choque de política monetaria de otros países. Esto se observa en el rezago entre el pico de la brecha del producto a mediados de 2010 y el pico observado en la inflación a finales de 2011. En cuanto a las magnitudes se puede ver que el choque contractivo de la política monetaria de los países avanzados contribuyó negativamente en la inflación y la magnitud es de cerca de 0.4 puntos porcentuales, lo anterior sería consistente con las funciones impulsos respuesta. En promedio, los choques contractivos de Estados Unidos durante 2008T4 y 2010T4 fueron de 1.5 unidades así que, en promedio, el máximo impacto sería de -0.03 por trimestre. Esto durante diez trimestres equivaldría a un efecto acumulado de 0.3 y, si se suman los efectos de los otros países, se explicaría el 0.1 restante. En cuanto a las diferencias entre países se puede ver que Brasil tiene los *spillovers* más altos en la inflación, así como los más duraderos. El último aspecto está íntimamente relacionado con el hecho de que la regla de Taylor estimada para Brasil responde poco a la brecha de la inflación ($\phi_{\pi}^{BR} = 0,236$) en comparación con los otros países latinoamericanos.

En cuanto a la tasa de interés de política monetaria de los países latinoamericanos sus *spillovers* están relacionados con lo que sucede con la brecha del producto y la inflación. El rezago respecto a la brecha del producto es de cerca de 2 trimestres de manera que su pico se dio a mediados de 2011 consistente con lo encontrado en el análisis de las funciones impulso respuesta. En este primer ciclo, la tasa de interés disminuyó puesto que tanto la brecha del producto como la inflación cayeron. Es importante notar que México fue el país que más respondió ante este choque lo que se debe a que fue el más afectado en términos de brecha del producto. Por su parte, Colombia fue la segunda economía en el pico de la respuesta, lo que se explica por tener la regla de Taylor que más reacciona ante choques a la brecha del producto. Por su parte, Brasil tiene la respuesta más débil a pesar de tener una afectación en la brecha del producto similar a la del resto de países latinoamericanos pues su respuesta a la inflación es baja. Después de 2011, las tasas de interés enfrentan presiones al alza puesto que la mayoría de los países avanzados tiene una política monetaria activa. México responde

en mayor medida pues su relación con Estados Unidos hace que la política monetaria tenga mayor incidencia en la economía mexicana que en el resto de los países de Latinoamérica.

Finalmente, una mirada integral de los efectos de los *spillovers* de la política monetaria en las economías latinoamericanas muestra que los efectos en variables como la inflación o la brecha del producto son relativamente bajas y tienen un rezago importante. Esto puede deberse a que la tasa de cambio es la variable que absorbe el choque, dado que es la que responde con mayor magnitud y responde de manera más rápida. Así, la tasa de cambio actuaría como una variable absorbente de los choques externos.

6.4. Spillovers de volatilidad

En la tabla 7 se muestra la descomposición de la varianza del error de pronóstico para los países latinoamericanos. Como se puede notar, en la mayoría de las variables, son los choques locales los que tienen mayor preponderancia en las economías. La influencia de los *spillovers* es relativamente baja. En el caso del crecimiento económico, la importancia de los choques externos no excede el 3 % del total de la varianza del error de pronóstico y aquellos *spillovers* provenientes de la tasa de interés externas son cercanas a cero. En cuanto a los factores locales, son los choques a la demanda y a la inflación los que tienen mayor relevancia para el crecimiento anual. De los choques externos, los choques a la demanda son los más relevantes, aunque su poder explicativo no es superior al 2 %.

De forma similar sucede con la inflación, en donde los *spillovers* son relativamente importantes, la proporción de la varianza explicada por los choques externos son inferiores al 12 %. Los *spillovers* más relevantes son los de demanda los cuales explican entre un 6.75 % y un 9.03 %, seguidos por los de inflación que explican cerca de un 2 %. Los *spillovers* de política monetaria tiene una influencia inferior al 1 %. Como era de esperarse, los choques más relevantes en la inflación son los choques locales de inflación. De los choques externos, los choques a la demanda son los más relevantes y son incluso más relevantes que los choques de la tasa de interés local. Lo anterior es importante pues indicaría que un componente cercano al 9.5 % de la inflación de los países latinoamericanos es importada.

En el caso de la tasa de interés de política monetaria, el rol de los *spillovers* es mayor. En el caso de Brasil, la influencia de los choques externos es cercana al 14 %, mientras que en los otros países latinoamericanos es cercana al 10 %. Como se vio anteriormente, los choques de demanda externa (brecha del producto externa) son los que más influencia tienen en la tasa de interés mientras que los choques política monetaria de otros países no superan el 0.3 %. Lo anterior es de interés pues sugiere que los *spillovers* de la política monetaria, tanto convencional como no convencional, no son de gran

relevancia económica. Este resultado va en línea con los resultados obtenidos por Jordà y cols. (2019) y Gómez-Pineda (2020) así como por International Monetary Fund (2021) en la crisis del COVID-19.

En lo que concierne a la tasa de cambio real multilateral, es la variable más afectada por los *spillovers* de política monetaria, aunque dicha influencia es pequeña. Por otra parte, vale la pena notar que la influencia de todos los *spillovers* ascienden a cerca de un 16,5 % para esta variable mientras que en las otras variables esto es menor. Ello va en línea con lo mencionando en la sección anterior sobre el rol que tiene la tasa de cambio real como la variable que absorbe los choques externos.

Tabla 7: Descomposición de la varianza del error de pronóstico a 12 trimestres

	Choques locales				Spillovers			
	$\varepsilon^{\hat{y}}$	ε^{π}	ε^s	Otros	$\varepsilon^{\hat{y}}$	ε^{π}	ε^s	Otros
Crecimiento anual								
Brasil	88.52	5.44	2.71	1.90	1.13	0.18	0.03	0.08
México	83.54	9.11	2.44	3.48	1.15	0.23	0.03	0.01
Colombia	85.82	8.46	2.42	2.28	0.82	0.15	0.02	0.03
Chile	87.94	6.88	2.21	2.02	0.75	0.13	0.02	0.04
Perú	83.90	8.75	2.70	3.60	0.80	0.16	0.02	0.06
Inflación								
Brasil	16.69	70.27	0.77	0.90	9.03	1.94	0.19	0.22
México	13.68	74.75	0.61	1.28	7.19	2.27	0.17	0.05
Colombia	11.21	78.58	0.53	0.96	6.75	1.72	0.15	0.11
Chile	10.36	79.48	0.47	0.83	6.87	1.64	0.15	0.20
Perú	9.25	80.03	0.52	1.03	7.03	1.79	0.15	0.20
Tasa de interés								
Brasil	27.76	52.49	5.25	1.72	10.32	2.02	0.22	0.23
México	25.34	56.49	5.27	1.99	8.40	2.25	0.20	0.06
Colombia	24.36	58.68	5.38	1.67	7.88	1.75	0.18	0.11
Chile	20.26	62.52	5.90	1.23	7.97	1.74	0.17	0.21
Perú	19.80	61.71	5.77	1.38	8.29	1.94	0.18	0.93
Tasa de cambio multilateral real								
Brasil	36.27	17.31	1.30	25.36	8.74	5.08	0.37	5.57
México	36.61	22.53	1.18	23.05	7.48	7.75	0.56	0.84
Colombia	35.18	25.46	1.11	23.72	6.94	4.91	0.34	2.33
Chile	33.81	27.29	1.18	22.69	6.68	3.68	0.29	4.38
Perú	32.25	24.81	1.24	25.00	7.74	4.18	0.35	4.43

Fuente: Elaboración propia

Nota: Los choques locales corresponden a los choques internos de cada país modelado, los externos al resto de choques. $\varepsilon^{\hat{y}}$ es el choque de demanda en la ecuación 3, ε^{π} es el choque de oferta o de inflación en la ecuación 7 y ε^s es el choque de política monetaria en la ecuación 12. La categoría otros captura el resto de choques.

A manera de resumen, se puede observar que en términos de *spillovers* el choque más relevante es el asociado a la brecha del producto. Dada la simplicidad de este modelo, dentro de este término de error de la demanda agregada pueden estar múltiples factores tales como la política fiscal o un canal

que relaciona el riesgo sistémico con la demanda agregada (ver Gómez-Pineda (2020)). Esto último es importante puesto que los trabajos de Jordà y cols. (2019) y Gómez-Pineda (2020) subrayan los *spillovers* de estas variables por encima de los *spillovers* de la política monetaria. El modelo aquí presentado no modela de manera explícita variables financieras y, a pesar de esto, también encuentra que los *spillovers* de la política monetaria (tanto convencional como no convencional) no son tan importantes (en algunos casos no superan 3 % de la varianza del error de pronóstico a 12 trimestres). Así los resultados aquí encontrados implicarían que los analistas económicos y las autoridades macroeconómicas pueden estar sobrevalorando el rol de las políticas monetarias de otros países como Estados Unidos.

6.5. Ejercicios de robustez

Finalmente, en esta subsección se presentan dos ejercicios de robustez. En primer lugar, el modelo propuesto por Wu y Zhang (2019b) tiene como supuesto implícito que no hay un quiebre estructural luego de que la economía entra en el ELB. Para testear este supuesto se hace una estimación para la muestra antes de 2008 y luego de 2008 que es el momento en el que las tasas de interés sombra toman valores negativos reflejando el rol de las UMP. Dado que esto implica reducir la muestra en aproximadamente la mitad, la estimación bayesiana no puede llevarse a cabo para todos los estimadores. De esta manera, se optó por fijar los coeficientes de las economías latinoamericanas, China y el resto del mundo con el valor obtenido de la estimación con toda la muestra (los valores posterior de la tabla 4). De esta manera, los parámetros que quedan libres para la estimación bayesiana son los correspondientes a las economías de Estados Unidos, la Zona Euro, Reino Unido y Japón.

En la figura A6 se comparan las funciones impulso respuesta ante un choque negativo de una unidad en la tasa de interés sombra según las estimaciones realizadas por cada submuestra. En el caso de la Zona Euro y el Reino Unido, las funciones impulso respuesta son idénticas entre periodos de manera que para estos países el supuesto de linealidad detrás del modelo de Wu y Zhang (2019b) parece cumplirse. En el caso de Estados Unidos, las funciones impulso respuesta no son idénticas, siendo menores después de 2008, pero no son estadísticamente diferentes dado que hay una sobreposición de los intervalos de confianza.

Este ejercicio de robustez genera aportes a la discusión sobre la (ir)relevancia del ELB. Puntualmente, Wu y Zhang (2019a) (para Reino Unido y Zona Euro) y Debortoli y cols. (2019) (para Estados Unidos) han encontrado que las funciones impulso respuesta antes de 2008 y después de 2008 no cambian de manera significativa, similar a lo aquí encontrado. En el caso de Japón este supuesto

no se puede probar pues desde el inicio de la muestra esta economía ya estaba en el límite efectivo, pero Wang (2019) encontró evidencia en las mismas líneas.

Tabla 8: Sensibilidad de las estimaciones a las tasas de interés sombra

	Curva IS		Curva de Phillips		Regla de Taylor			
	$\alpha_{\hat{r}}$	$\alpha_{\hat{q}}$	$\alpha_{y^{WO}}$	$\theta_{\hat{y}}$	$\theta_{\hat{q}}$	$\phi_{\hat{y}}$	ϕ_{π}	ψ
Estados Unidos								
Prior	0.15	0.1	0.1	0.15	0.1	0.5	0.5	0.95
Posterior	0.199	0.069	0.049	0.140	0.079	0.552	0.360	0.950
Posterior Xia	0.199	0.070	0.050	0.140	0.080	0.552	0.364	0.951
Posterior Rezende	0.201	0.064	0.045	0.142	0.076	0.565	0.343	0.951
Posterior Kripner	0.199	0.072	0.051	0.141	0.081	0.559	0.366	0.951
Zona Euro								
Prior	0.15	0.1	0.1	0.15	0.1	0.5	0.5	0.95
Posterior	0.163	0.115	0.107	0.155	0.114	0.542	0.548	0.949
Posterior Xia	0.163	0.115	0.107	0.155	0.114	0.543	0.548	0.949
Posterior Rezende	0.162	0.115	0.108	0.157	0.114	0.549	0.549	0.949
Posterior Kripner	0.164	0.115	0.106	0.157	0.114	0.551	0.548	0.949
Reino Unido								
Prior	0.15	0.1	0.1	0.15	0.1	0.5	0.5	0.95
Posterior	0.146	0.102	0.108	0.178	0.113	0.570	0.608	0.950
Posterior Xia	0.145	0.102	0.109	0.179	0.113	0.571	0.610	0.950
Posterior Rezende	0.145	0.102	0.109	0.179	0.113	0.571	0.610	0.950
Posterior Kripner	0.146	0.102	0.108	0.178	0.113	0.568	0.608	0.950
Japón								
Prior	0.15	0.1	0.1	0.15	0.1	0.5	0.5	0.95
Posterior	0.173	0.106	0.100	0.148	0.107	0.529	0.459	0.950
Posterior Xia	0.173	0.106	0.100	0.148	0.107	0.529	0.459	0.950
Posterior Rezende	0.173	0.106	0.100	0.148	0.107	0.529	0.460	0.950
Posterior Kripner	0.174	0.106	0.099	0.148	0.107	0.529	0.459	0.950

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los parámetros estimados son los siguientes. De la curva IS, $\alpha_{\hat{r}}$ que representa el efecto de la brecha de la tasa de interés real en la brecha del producto, $\alpha_{\hat{q}}$ es el efecto de la brecha de la tasa de cambio real multilateral en la brecha del producto, $\alpha_{y^{WO}}$ es el efecto de la demanda externa en la brecha del producto (ver ecuación 3). En la curva de Phillips (ver ecuación 7), $\theta_{\hat{y}}$ es la pendiente de dicha curva y $\theta_{\hat{q}}$ es el pass-through de la tasa de cambio a la inflación básica. En la regla de Taylor (ver ecuación 12), $\phi_{\hat{y}}$ es la respuesta de la tasa de interés a la brecha del producto y ϕ_{π} es la respuesta de la tasa de interés a la brecha de la inflación. Finalmente, ψ relaciona a la tasa de crecimiento del PIB potencial con la tasa de interés (sombra) real natural (ver ecuación 18).

El segundo ejercicio de robustez consiste en usar tasas de interés sombra distintas a las escogidas en la sección 3. Por este motivo, se estimaron tres modelos adicionales. El primero utiliza sólo las tasas de interés sombra de Wu y Xia (2016), el segundo sólo utiliza las tasas de interés sombra de De Rezende y Ristiniemi (2020) y el tercer modelo sólo utiliza las tasas de interés sombra de Krippner (2020). En todos estos modelos se utiliza las tasas de interés sombra de Krippner (2020) para Japón. En la tabla 8 se muestra que los coeficientes estimados no son sensibles a la tasa de interés sombra utilizada. La razón que explica este fenómeno es la definición de la tasa de interés real natural. Al tratarse de un proceso con raíz unitaria es más flexible y se adapta a las distintas tasas de interés

sombra de manera que las discrepancias entre los modelos se reflejan es en la estimación de la tasa de interés natural real y no en los coeficientes. Una muestra de ello es que la correlación entre las brechas de la tasa de interés sombra real $\hat{s}r$ entre los distintos modelos es superior al 85 %.

7. Conclusiones, limitaciones y recomendaciones

En este documento se presentó un modelo de proyección global semi-estructural con tasas de interés sombra que permite tener en cuenta el rol de las UMP. Por lo anterior, el modelo permite estudiar los efectos de las UMP desarrolladas por las economías avanzadas en las economías avanzadas. Los resultados muestran que los choques de política monetaria, tanto convencional como no convencional, de los países avanzados son de poca relevancia para las economías latinoamericanas. Sin embargo, mediante el uso de contrafactuals se encuentra que en un mundo en donde no se hubieran realizado UMP por parte de Estados Unidos, Reino Unido o la Zona Euro a partir de 2008, las economías avanzadas hubieran entrado en crisis económicas profundas y las economías latinoamericanas tendrían una inflación menor y tasas de interés de política monetaria cercanas al 0 %. De esta manera, las UMP realizadas después del 2008 ayudaron a estabilizar la economía mundial. Con lo anterior el documento deja múltiples agendas de investigación a futuro basadas en las limitaciones de este, así como recomendaciones de política macroeconómica.

El modelo presentado tiene múltiples limitaciones. En primer lugar, los resultados dependen de la calidad de las tasas de interés sombra y esto es problemático. Dado que la tasa de interés sombra es una variable teórica y no observable, siempre existirán dudas sobre si la estimación utilizada es correcta. La segunda limitación es que la tasa de interés sombra no permite identificar de manera directa los efectos de una política como QE de FG. En este sentido, los modelos teóricos propuestos por Katagiri (2016) y Sims y Wu (2020) (quienes proponen reglas de Taylor para FG y QE, respectivamente) pueden ser una alternativa a esta problemática.

Por otra parte, existen limitaciones relativas a la omisión de canales como el de los términos de intercambio, el canal del crédito bancario y el canal del ciclo financiero. La primera omisión sugiere que los resultados del modelo pueden subestimar el rol de las UMP en las economías latinoamericanas. En el caso de los contrafactuals esto puede subestimar la caída del producto de las economías latinoamericanas puesto que no se tiene en cuenta el rol de los *commodities* cuyo precio caería ante una disminución de la demanda global. La inclusión de este aspecto puede ser objeto de estudio de futuros trabajos. Por su parte, la segunda limitación surge pues en este modelo las relaciones entre países son comerciales, pero para países como México y Brasil las relaciones crediticias con los países avanzados

también juegan un rol importante (ver Barroso y cols. (2016), Buch y cols. (2019) y Morais y cols. (2019)). Este segundo canal sugiere que los *spillovers* podrían ser mayores. Finalmente, la ausencia del canal del ciclo financiero puede ser importante dado que trabajos recientes (ver International Monetary Fund (2021)) han encontrado que en la crisis del COVID-19 el principal mecanismo de transmisión fueron las primas de riesgo y este trabajo no podría informar de manera directa sobre los *spillovers* en la crisis del COVID-19. Ahora bien, los resultados obtenidos en las funciones impulso respuesta y spillovers de volatilidad son cualitativamente similares a trabajos que incluyen este último canal (ver Gómez-Pineda (2020)).

A pesar de las limitaciones del trabajo, los resultados aquí presentados pueden ser útiles en términos de política económica. Por un lado, el hallazgo de irrelevancia empírica del ELB puede implicar que el uso de modelos simples con tasa de interés sombra pueden ser un punto de partida para el análisis de los efectos de UMP por parte de Turquía y Chile (ver Hofman y Kamber (2020)) quienes las han implementado luego de la crisis del COVID-19. Por lo anterior se recomienda la estimación de tasas de interés sombra para estas economías así como el uso de este tipo de modelos con tasas de interés sombra.

Por otra parte, algunos analistas han sugerido que países como Colombia no deberían bajar las tasas de interés durante la crisis del COVID-19 para así poder tener espacio para futuras crisis y evitar el ELB. Bajo el modelo aquí propuesto se puede ver que este razonamiento puede ser incorrecto. Como se pudo notar en los ejercicios contrafactuales en donde la tasa de interés sombra se mantuvo en terreno no negativo los efectos en las economías fueron negativos. Dicha conclusión se puede transladar a mantener la tasa de interés artificialmente superior a lo sugerido por la regla de Taylor que es lo que implica el argumento de mantener la tasa de interés alta para evitar el ELB.

A partir de lo anterior surge la pregunta de cómo evitar dicho límite. Recordando la ecuación de Fisher, en el largo plazo la tasa de interés nominal natural (\bar{s}_t) es igual a la tasa de interés real natural (\bar{s}_r_t) más la meta de inflación ($\bar{\pi}_{ss}$). En esa ecuación se puede ver que para evitar el ELB se puede subir la meta de inflación (ver Ball (2013)). Lo anterior se refuerza pues hay trabajos como Gómez-Pineda (2019) y Holston y cols. (2017) que han encontrado que la tasa de interés real natural ha decrecido en los últimos 20 años y se trata de un fenómeno global. Las causas detrás de esta tendencia decreciente pueden ser el bajo crecimiento demográfico y el bajo crecimiento de la productividad, las cuales no están bajo el control de los bancos centrales. Idealmente, dicho incremento de la meta de inflación debe darse junto con un choque positivo de demanda (ver Gómez-Pineda (2018))⁷.

⁷Esta idea se está materializando en Estados Unidos puesto que el régimen de inflación objetivo promedio es equivalente a subir temporalmente la meta de inflación y además los paquetes fiscales se constituyen como un choque positivo de demanda.

Además, el trabajo mostró que las economías avanzadas no se vieron afectadas estructuralmente por el ELB. Ello sugeriría que las UMP volvieron empíricamente irrelevante dicho límite. Esto implica que para los países en vías de desarrollo la implementación de UMP podrían tener un efecto similar. Lo anterior implicaría que no hay que tener miedo a bajar las tasas de interés cerca de 0% si esto se vuelve necesario puesto que se podrían implementar UMP en caso de que haya una nueva crisis económica.

Ahora bien, esto no significa que las economías latinoamericanas tengan el mismo margen de acción que las economías avanzadas en tanto que la credibilidad de los niveles de endeudamiento público y la credibilidad en la independencia de los bancos centrales es menor en las economías latinoamericanas (International Monetary Fund, 2021). En primer lugar, políticas como FG requieren de altos niveles de credibilidad del banco central. Además, este tipo de políticas requieren cierta estabilidad macroeconómica y una baja influencia de factores externos para que los compromisos hechos en los anuncios se puedan cumplir. Las economías latinoamericanas no tiene bancos centrales con altos niveles de credibilidad y la alta influencia de los choques externos en estas economías puede dificultar el cumplimiento de los anuncios de FG. Por su parte, políticas como QE pueden implementarse con mayor facilidad pero los riesgos de dominancia fiscal hacen que el espacio de maniobra sea menor en comparación con los países avanzados. En este sentido, los países latinoamericanos podrían empezar con QE y, de esta manera, mostrar con acciones que los estímulos pueden ser creíbles y luego si implementar FG.

Finalmente, el hallazgo de que los *spillovers* de la política monetaria no son económicamente relevantes sugiere que los hacedores de política y los analistas económicos pueden estar sobreanalizando la política monetaria de Estados Unidos e ignoran otras variables más relevantes como el riesgo sistémico (Jordà y cols. (2019) y Gómez-Pineda (2020)). Por ello se recomendaría privilegiar en el análisis económico las variables macro-financieras.

Referencias

- Altavilla, C., Brugnolini, L., Gürkaynak, R. S., Motto, R., y Ragusa, G. (2019). Measuring euro area monetary policy. *Journal of Monetary Economics*, 108, 162 - 179. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304393219301497> (“Central Bank Communications:From Mystery to Transparency” May 23-24, 2019Annual Research Conference ofthe National Bank of UkraineOrganized in cooperation withNarodowy Bank Polski) doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2019.08.016>
- Andrle, M., Garcia-Saltos, R., y Ho, G. (2014, octubre). *A Model-Based Analysis of Spillovers; The Case of Poland and the Euro Area* (IMF Working Papers n.^o 14/186). International Monetary Fund. Descargado de <https://ideas.repec.org/p/imf/imfwpa/14-186.html>
- Ball, L. M. (2013). The Case for Four Percent Inflation. *Central Bank Review*, 13(2), 17-31. Descargado de <https://ideas.repec.org/a/tcb/cebare/v13y2013i2p17-31.html>
- Barroso, J. B. R., da Silva, L. A. P., y Sales, A. S. (2016). Quantitative easing and related capital flows into brazil: Measuring its effects and transmission channels through a rigorous counterfactual evaluation. *Journal of International Money and Finance*, 67, 102-122. Descargado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261560615001138> doi: <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2015.06.013>
- Bauer, M. D., y Neely, C. J. (2014). International channels of the fed’s unconventional monetary policy. *Journal of International Money and Finance*, 44, 24 - 46. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261560614000047> doi: <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2013.12.007>
- Benes, J., Clinton, K., George, A., John, J., Kamenik, O., Laxton, D., ... Zhang, F. (2017, febrero). *Inflation-Forecast Targeting for India; An Outline of the Analytical Framework* (IMF Working Papers n.^o 2017/032). International Monetary Fund. Descargado de <https://ideas.repec.org/p/imf/imfwpa/2017-032.html>
- Bernanke, B. S. (2020, April). The new tools of monetary policy. *American Economic Review*, 110(4), 943-83. Descargado de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.110.4.943> doi: 10.1257/aer.110.4.943
- Black, F. (1995). Interest rates as options. *The Journal of Finance*, 50(5), 1371–1376. Descargado de <http://www.jstor.org/stable/2329320>

Buch, C. M., Bussierè, M., Goldberg, L., y Hills, R. (2019). The international transmission of monetary policy. *Journal of International Money and Finance*, 91, 29-48. Descargado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261560618305047> doi: <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2018.08.005>

Carabenciov, G.-S. L. K., Freedman, y Manchev. (2013). *Gpm6 : The global projection model with 6 regions.* (n.º WP/13/87). INTERNATIONAL MONETARY FUND. Descargado de <https://ezproxy.uniandes.edu.co:8443/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=e000xww&AN=1254250&lang=es&site=eds-live&scope=site>

Chen, Q., Lombardi, M., Ross, A., y Zhu, F. (2017, enero). *Global impact of US and euro area unconventional monetary policies: a comparison* (BIS Working Papers n.º 610). Bank for International Settlements. Descargado de <https://ideas.repec.org/p/bis/biswps/610.html>

Debortoli, D., Galí, J., y Gambetti, L. (2019, May). *On the empirical (ir)relevance of the zero lower bound constraint* (Working Paper n.º 25820). National Bureau of Economic Research. Descargado de <http://www.nber.org/papers/w25820> doi: 10.3386/w25820

De Rezende, R., y Ristiniemi, A. (2020, mayo). *A shadow rate without a lower bound constraint* (Bank of England working papers n.º 864). Bank of England. Descargado de <https://ideas.repec.org/p/boe/boeewp/0864.html>

Eggertsson, G. B., Mehrotra, N. R., Singh, S. R., y Summers, L. H. (2016, November). A Contagious Malady? Open Economy Dimensions of Secular Stagnation. *IMF Economic Review*, 64(4), 581-634. Descargado de https://ideas.repec.org/a/pal/imfocr/v64y2016i4d10.1057_s41308-016-0019-8.html doi: 10.1057/s41308-016-0019-8

Estrella, A. (2015). The price puzzle and var identification. *Macroeconomic Dynamics*, 19(8), 1880–1887. doi: 10.1017/S1365100514000200

Gagnon, J., Bayoumi, T., Londono, J. M., Saborowski, C., y Saprista, H. (2017). Direct and spillover effects of unconventional monetary and exchange rate policies. *Open Economies Review*, 28(2), 191-232. Descargado de https://EconPapers.repec.org/RePEc:kap:openec:v:28:y:2017:i:2:d:10.1007_s11079-017-9437-0

Gonzalez, A., Guarin, A., Rodriguez-Guzman, D. A., y Vargas-Herrera, H. (2020, febrero). *4GM: A New Model for the Monetary Policy Analysis in Colombia* (Borradores de Economia n.º 1106). Banco de la Republica de Colombia. Descargado de <https://ideas.repec.org/p/bdr/borrec/1106.html> doi: <https://doi.org/10.32468>

Gómez-Pineda, J. G. (2018, abril). *A well-timed raise in inflation targets* (Borradores de Economia n.º 1042). Banco de la Republica de Colombia. Descargado de <https://ideas.repec.org/p/bdr/borrec/1042.html> doi: 10.32468/be.1042

Gómez-Pineda, J. G. (2019, marzo). *The natural interest rate in Latin America* (Borradores de Economia n.º 1067). Banco de la Republica de Colombia. Descargado de <https://ideas.repec.org/p/bdr/borrec/1067.html> doi: 10.32468/be.1067

Gómez-Pineda, J. G. (2020). Volatility spillovers and the global financial cycle across economies: Evidence from a global semi-structural model. *Economic Modelling*, 90, 331 - 373. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264999317313627> doi: <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.02.023>

Haldane, A., Roberts-Sklar, M., Wieladek, T., y Young, C. (2016, octubre). *QE: The Story so far* (Bank of England working papers n.º 624). Bank of England. Descargado de <https://ideas.repec.org/p/boe/boeewp/0624.html>

Hofman, D., y Kamber, G. (2020, Sep). *Unconventional monetary policy in emerging market and developing economies* (Working Paper). International Monetary Fund.

Holston, K., Laubach, T., y Williams, J. C. (2017). Measuring the natural rate of interest: International trends and determinants. *Journal of International Economics*, 108, S59 - S75. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022199617300065> (39th Annual NBER International Seminar on Macroeconomics) doi: <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2017.01.004>

Hubert, P., y Labondance, F. (2018, December). The Effect of ECB Forward Guidance on the Term Structure of Interest Rates. *International Journal of Central Banking*, 14(5), 193-222. Descargado de <https://ideas.repec.org/a/ijc/ijcjou/y2018q4a5.html>

International Monetary Fund. (2021, abril). *Chapter 4: Shifting Gears: Monetary Policy Spillovers During the Recovery from COVID-19* (World Economic Outlook). International Monetary Fund.

Jones, C., y Kulish, M. (2013). Long-term interest rates, risk premia and unconventional monetary policy. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37(12), 2547-2561. Descargado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165188913001528> doi: <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2013.07.004>

Jones, C., Kulish, M., y Rees, D. M. (2018). *International spillovers of forward guidance shocks*. INTERNATIONAL MONETARY FUND. Descargado de <https://ezproxy.uniandes.edu.co:8443/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsebk&AN=1824099&lang=es&site=eds-live&scope=site>

Jordà, , Schularick, M., Taylor, A. M., y Ward, F. (2019). Global financial cycles and risk premiums. *IMF Economic Review*, 67(1), 109 - 150. Descargado de <https://ezproxy.uniandes.edu.co:8443/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=135394708&lang=es&site=eds-live&scope=site>

Katagiri, M. (2016). *Forward guidance as a monetary policy rule* (Bank of Japan Working Paper Series n.^o 16-E-6). Bank of Japan. Descargado de <https://EconPapers.repec.org/RePEc:boj:bojwps:wp16e06>

Kearns, J., Schrimpf, A., y Xia, F. D. (2019, abril). *Explaining Monetary Spillovers: The Matrix Reloaded* (RBA Research Discussion Papers n.^o rdp2019-03). Reserve Bank of Australia. Descargado de <https://ideas.repec.org/p/rba/rbardp/rdp2019-03.html>

Krippner, L. (2020). A note of caution on shadow rate estimates. *Journal of Money, Credit and Banking*, 52(4), 951-962. Descargado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jmcb.12613> doi: 10.1111/jmcb.12613

Kucharčuková, O., Claeys, P., y Vašíček, B. (2016). Spillover of the ecb's monetary policy outside the euro area: How different is conventional from unconventional policy? *Journal of Policy Modeling*, 38(2), 199 - 225. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0161893816000120> doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2016.02.002>

Lombardi, D., Siklos, P., y St. Amand, S. (2018). A survey of the international evidence and lessons learned about unconventional monetary policies: Is a 'new normal' in our future? *Journal of Economic Surveys*, 32(5), 1229-1256. Descargado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/joes.12293> doi: 10.1111/joes.12293

Lombardi, D., Siklos, P. L., y Amand, S. S. (2019, June). Asset Price Spillovers from Unconventional Monetary Policy: A Global Empirical Perspective. *International Journal of Central Banking*, 15(2), 43-74. Descargado de <https://ideas.repec.org/a/ijc/ijcjou/y2019q2a2.html>

Moraïs, B., PEYDRÓ, J.-L., ROLDÁN-PEÑA, J., y RUIZ-ORTEGA, C. (2019). The international bank lending channel of monetary policy rates and qe: Credit supply, reach-for-yield, and real effects. *The Journal of Finance*, 74(1), 55-90. Descargado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jofi.12735> doi: <https://doi.org/10.1111/jofi.12735>

Mouabbi, S., y Sahuc, J.-G. (2019). Evaluating the macroeconomic effects of the ecb's unconventional monetary policies. *Journal of Money, Credit and Banking*, 51(4), 831-858. Descargado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jmcb.12628> doi: [10.1111/jmcb.12628](https://doi.org/10.1111/jmcb.12628)

Polis, A. D., y Pietrunti, M. (2019, julio). *Exchange rate dynamics and unconventional monetary policies: it's all in the shadows* (Temi di discussione (Economic working papers) n.º 1231). Bank of Italy, Economic Research and International Relations Area. Descargado de https://ideas.repec.org/p/bdi/wptemi/td_1231_19.html

Shirai, S. (2013). *Monetary Policy and Forward Guidance in Japan* (Speeches at the International Monetary Fund (September 19) and the Board of Governors of the Federal Reserve System (September 20) Held in Washington, D.C. n.º 624). Bank of Japan. Descargado de https://www.boj.or.jp/en/announcements/press/koen_2013/ko130921a.htm/

Shirai, S. (2019). Overview of the bank of japan's unconventional monetary policy during the period 2013–2018. *International Journal of Economic Policy Studies*, 13(2), 319. Descargado de <https://ezproxy.uniandes.edu.co:8443/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssjs&AN=edssjs.97961048&lang=es&site=eds-live&scope=site>

Sims, E., y Wu, C. (2020, February). Are QE and Conventional Monetary Policy Substitutable? *International Journal of Central Banking*, 16(1), 195-230. Descargado de <https://ideas.repec.org/a/ijc/ijcjou/y2020q0a4.html>

Sutherland, C. (2020). *Forward Guidance and Expectation Formation: A Narrative Approach* (Staff Working Papers n.º 20-4). Bank of Canada. Descargado de <https://www.bankofcanada.ca/2020/09/staff-working-paper-2020-40/>

Tillmann, P. (2016). Unconventional monetary policy and the spillovers to emerging markets. *Journal of International Money and Finance*, 66, 136 - 156. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261560615002168> (The New Normal in the Post-Crisis Era) doi: <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2015.12.010>

Wang, R. (2019). Unconventional monetary policy in japan: Empirical evidence from estimated shadow rate dsge model. *Journal of International Commerce, Economics and Policy*, 10(02), 1950007. Descargado de <https://doi.org/10.1142/S1793993319500078> doi: 10.1142/S1793993319500078

Weale, M., y Wieladek, T. (2016). What are the macroeconomic effects of asset purchases? *Journal of Monetary Economics*, 79, 81 - 93. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304393216300101> doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2016.03.010>

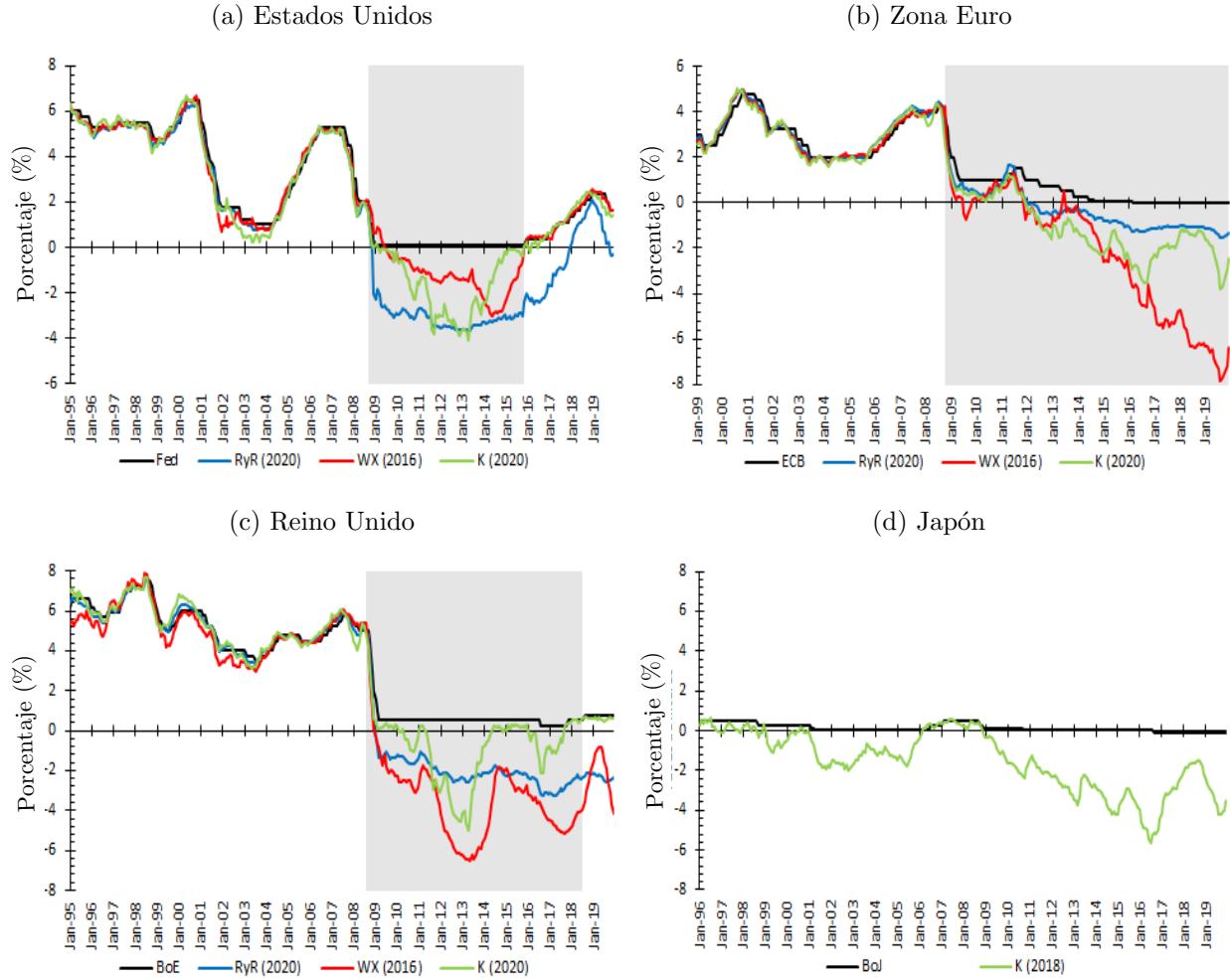
Wu, J. C., y Xia, F. D. (2016). Measuring the macroeconomic impact of monetary policy at the zero lower bound. *Journal of Money, Credit and Banking*, 48(2-3), 253-291. Descargado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jmcb.12300> doi: 10.1111/jmcb.12300

Wu, J. C., y Xia, F. D. (2020). Negative interest rate policy and the yield curve. *Journal of Applied Econometrics*, 35(6), 653-672. Descargado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jae.2767> doi: <https://doi.org/10.1002/jae.2767>

Wu, J. C., y Zhang, J. (2019a). Global effective lower bound and unconventional monetary policy. *Journal of International Economics*, 118, 200-216. Descargado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002219961830271X> doi: <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2019.01.016>

Wu, J. C., y Zhang, J. (2019b). A shadow rate new keynesian model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 107, 103728. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165188919301289> doi: <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2019.103728>

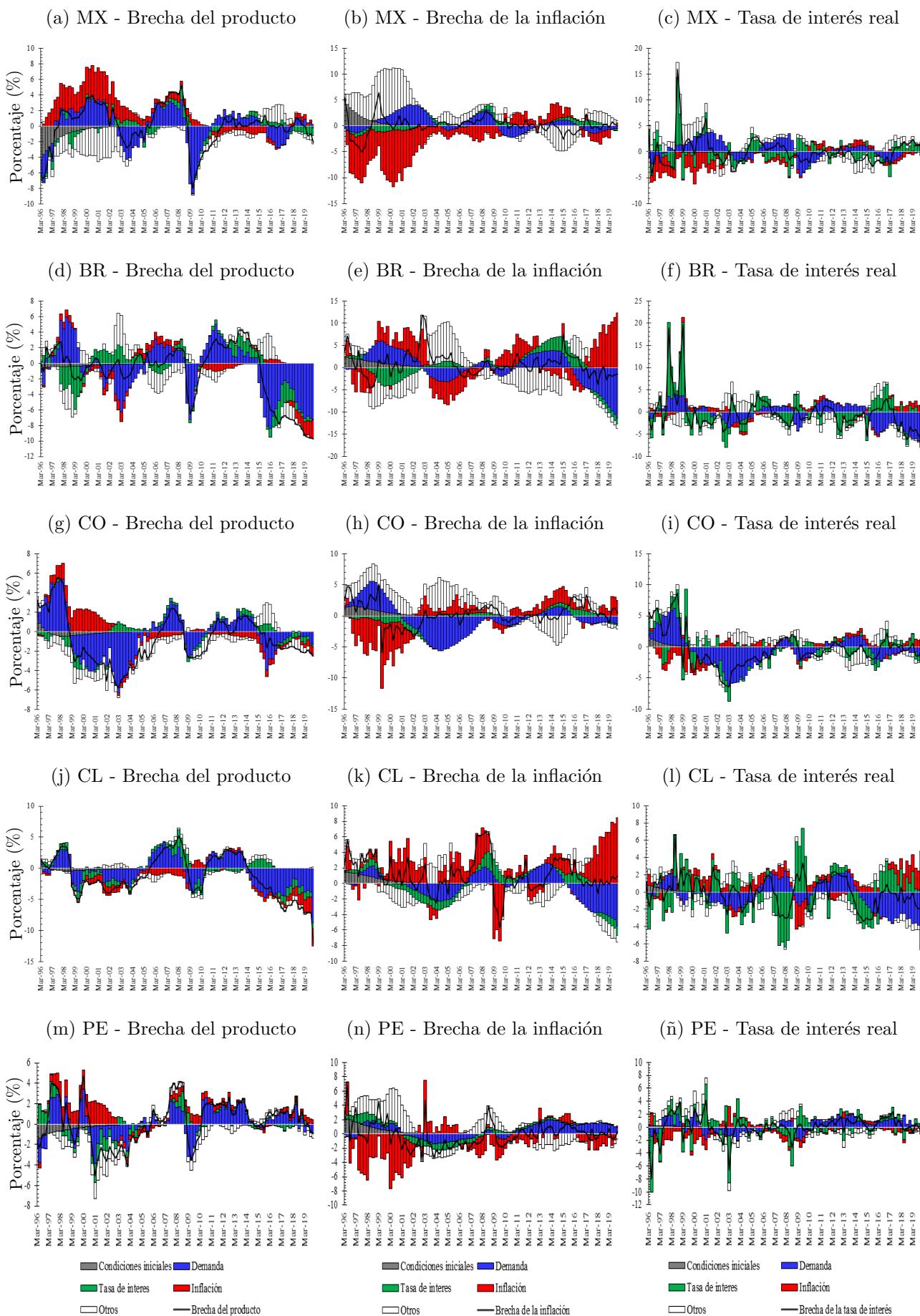
Figura A1: Tasas de interés sombra



Fuente: Elaboración propia con información de Wu y Xia (2016), De Rezende y Riestiniemi (2020) y Krippner (2020) e información de los bancos centrales.

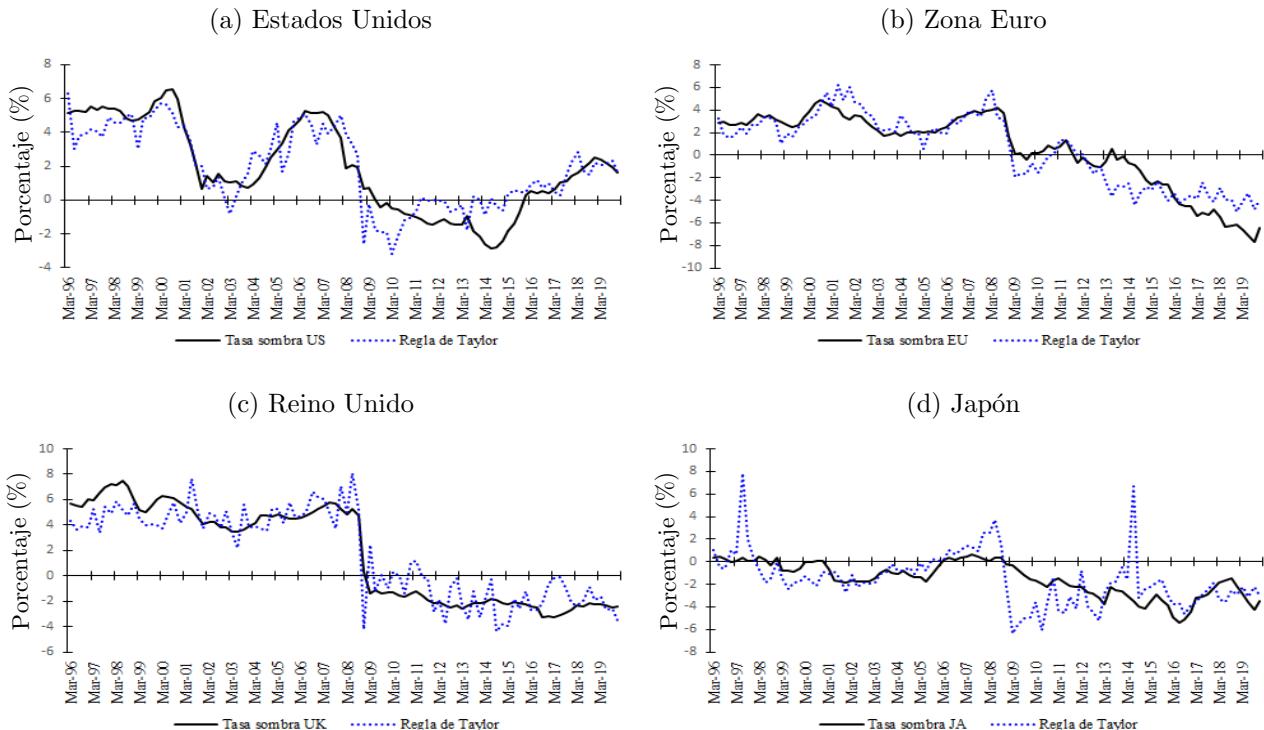
Nota: En el panel a, Fed hace referencia a la tasa de interés de la reserva Federal, RyR (2020) hace referencia a la tasa de interés sombra propuesta por De Rezende y Riestiniemi (2020) y es la línea azul en todos los paneles, WX (2016) hace referencia a la tasa de interés sombra propuesta por Wu y Xia (2016) y es la línea roja en todos los paneles, y K (2020) hace referencia a la tasa de interés sombra de Krippner (2020) y es la línea verde en todos los paneles. En el panel b la línea negra (ECB) es la tasa de interés del Banco Central Europeo. En el panel c, la línea negra (BoE) hace referencia a la tasa de interés de política monetaria del Banco de Inglaterra. Finalmente, en el panel d, la línea negra (BoJ) es la tasa de política monetaria del Banco de Japón. Los períodos de tiempo sombreados en gris indican que la economía se encontraba en ELB. En el caso de Japón la economía siempre estuvo en ELB y por criterios estéticos no se aplicó la sombra gris.

Figura A2: Descomposición histórica de la brecha del producto y la brecha de inflación y de la brecha de la tasa de interés real



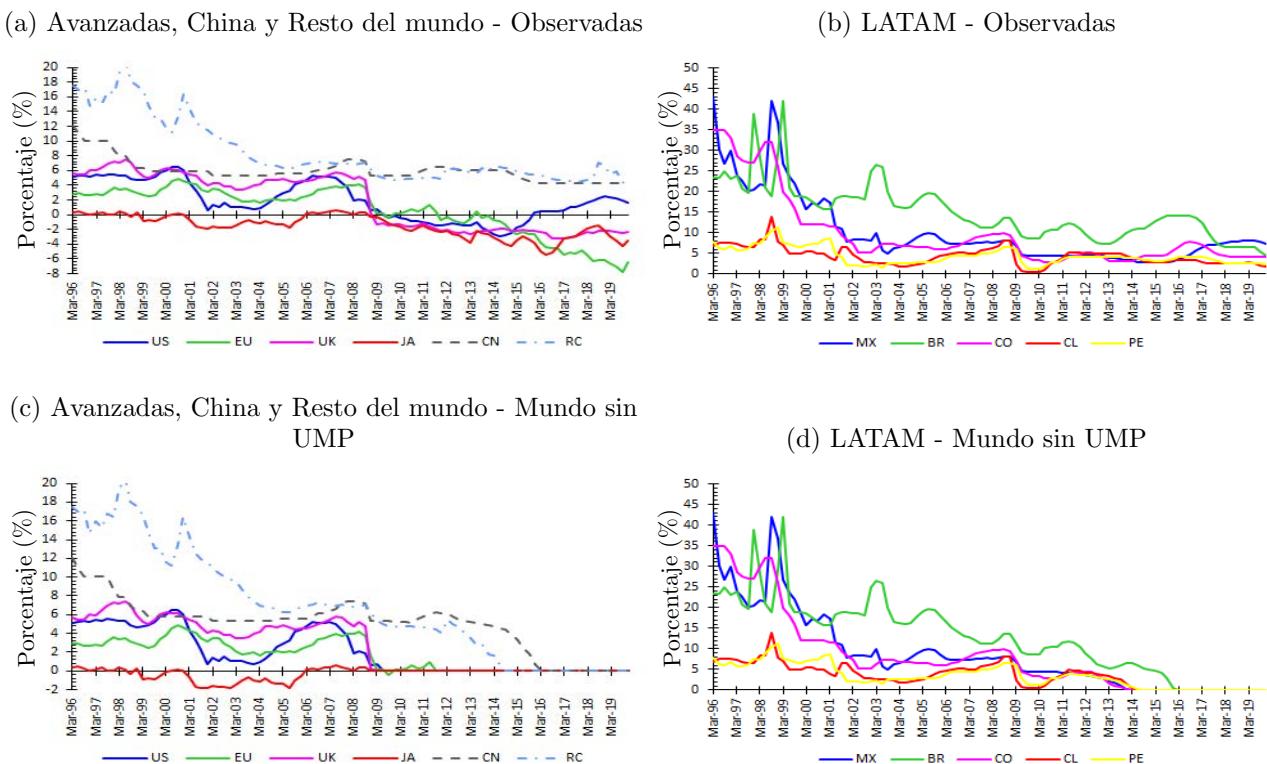
Fuente: Elaboración propia

Figura A3: Regla de Taylor - Países avanzados



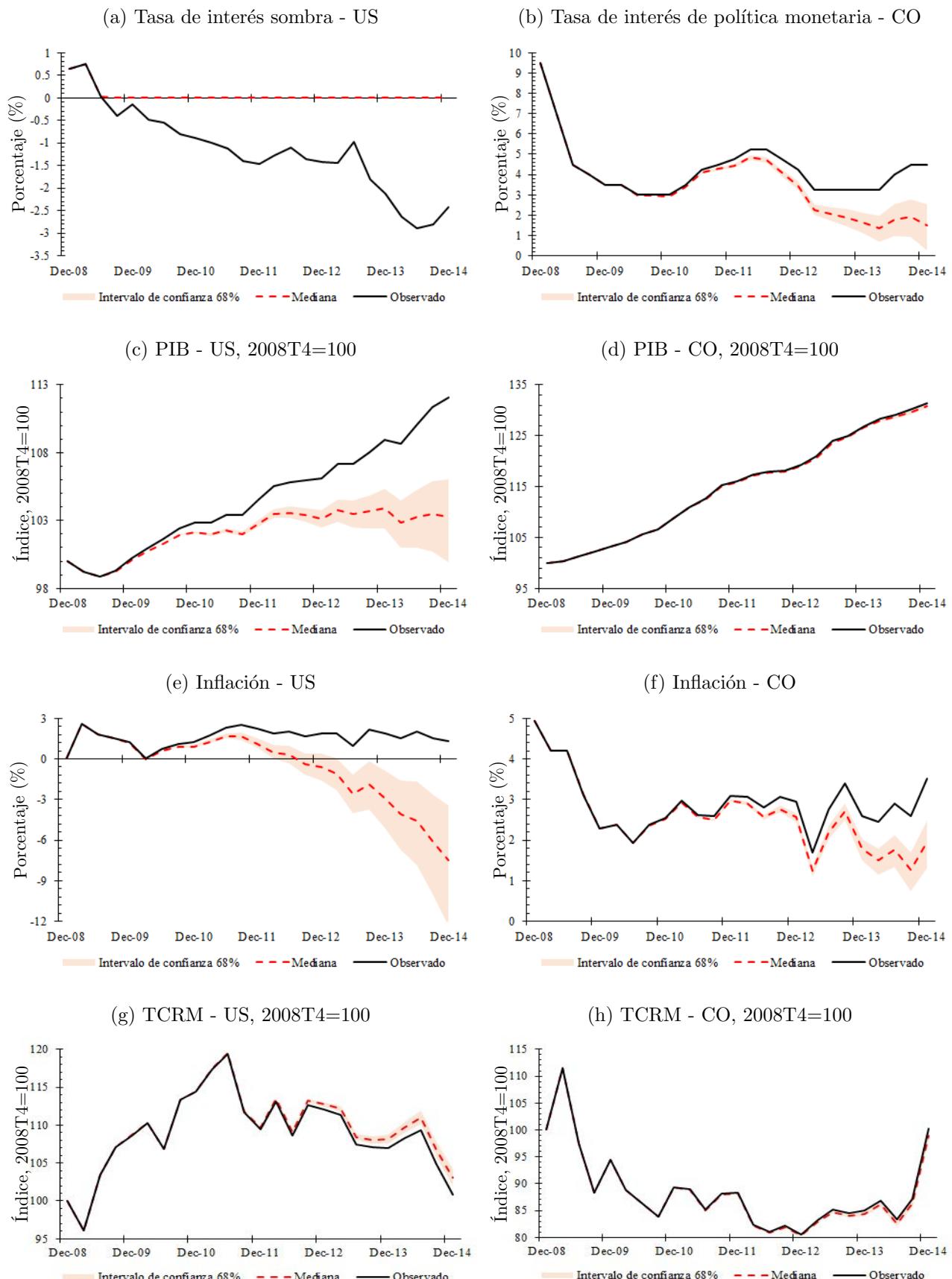
Fuente: Elaboración propia

Figura A4: Tasas de interés (sombra) observadas y en un mundo sin UMP



Fuente: Elaboración propia

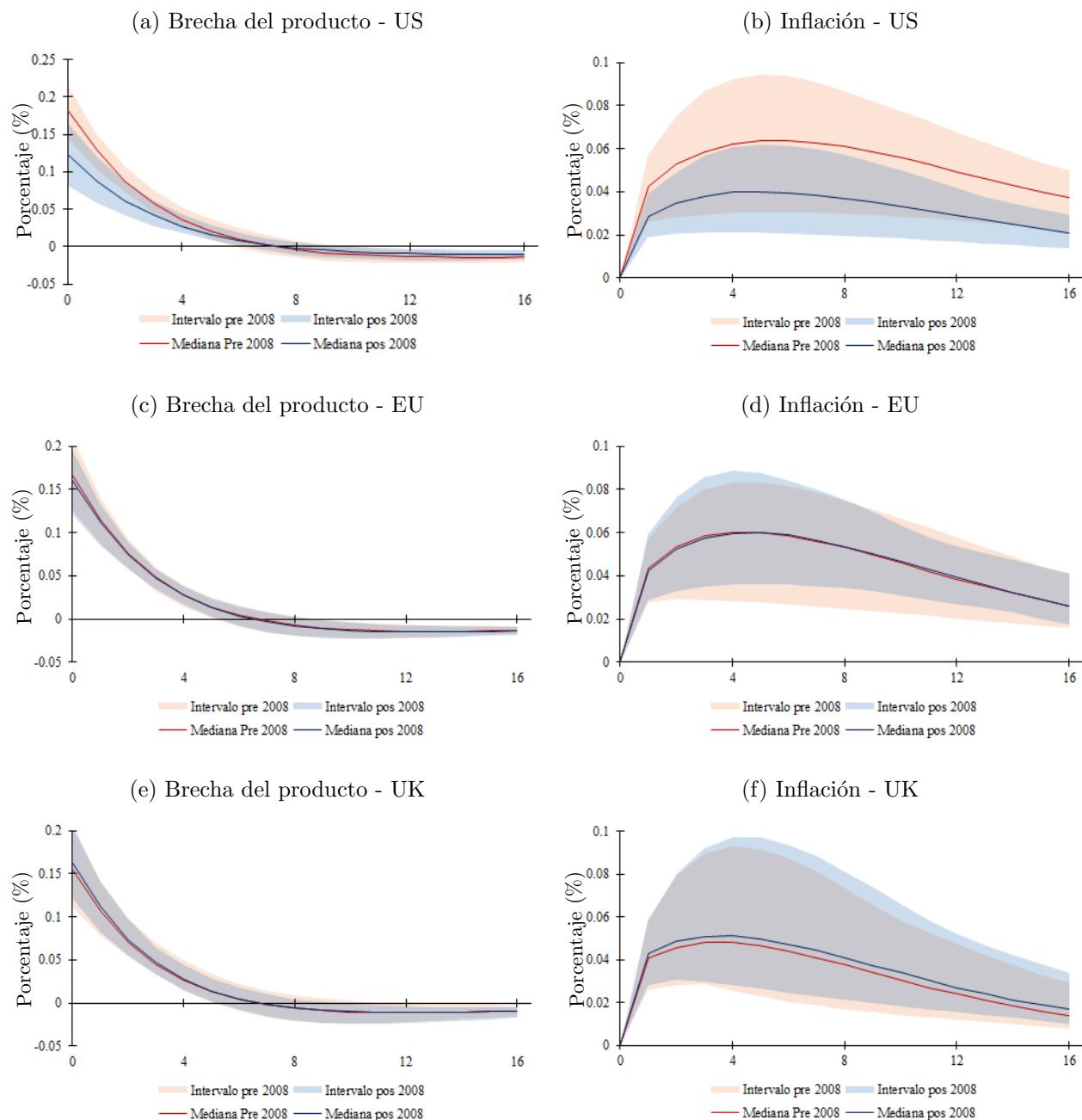
Figura A5: Contrafactual de ausencia de UMP en Estados Unidos - Estados Unidos y Colombia



Fuente: Elaboración propia

Nota: Intervalos de confianza al 68 % derivados a partir diez mil simulaciones basadas en la distribución posterior.

Figura A6: Comparación funciones impulso respuesta antes y después de 2008 - Choques de política monetaria locales



Fuente: Elaboración propia

Nota: Intervalos de confianza al 95 % derivados a partir diez mil simulaciones basadas en la distribución posterior.