

# Metas de tasas de interés a largo plazo en un modelo con fricciones financieras y cambio de régimen

*Alberto Ortiz Bolaños  
Sebastián Cadavid-Sánchez  
Gerardo Kattan Rodríguez*

## **Resumen**

*Las bajas (subas) de las tasas de interés a largo plazo provocadas por compresiones (dilaciones) de las primas por plazo podrían ser financieramente expansivas (contractivas) y podrían requerir de restricciones (estímulos) de política monetaria. En este capítulo se usan las medidas de primas por plazo calculadas por Adrian et al. (2013) para realizar estimaciones bayesianas de modelos de vectores autorregresivos con cambio de régimen tipo Markov (MS-VAR) tal como realizan Hubrich y Tetlow (2015) y se halla evidencia de que permitir parámetros cambiantes (no lineales) y varianzas cambiantes (no gaussianas) es importante al analizar las vinculaciones macrofinancieras en Estados Unidos. Usando la especificación que mejor se ajusta a los datos de dos estados de Markov para parámetros y de tres estados de Markov para varianzas, estimamos un modelo macroeconómico de equilibrio general dinámico y estocástico con cambio de régimen tipo Markov (MS-DSGE por sus siglas en inglés) con fricciones financieras en instrumentos de deuda a largo plazo, desarrollado por Carlstrom et al. (2017) para mostrar la evolución de las condiciones financieras en Estados Unidos desde 1962 y la respuesta de*

---

A. Ortiz Bolaños <ortiz@cemla.org>, CEMLA y Escuela de Graduados en Administración y Dirección de Empresas (EGADE) del Instituto Tecnológico de Monterrey, México; S. Cadavid-Sánchez <scadavid@cemla.org>, CEMLA; y G. Kattan Rodríguez <a00807607@itesm.mx>, EGADE. Los autores agradecen a Junior Maih por permitir el libre acceso a la RISE *toolbox* para la solución y estimación de los modelos de expectativas racionales de Markov switching ([https://github.com/jmaih/rise\\_toolbox](https://github.com/jmaih/rise_toolbox)) y por responder pacientemente todas nuestras preguntas. Las opiniones expresadas en ese capítulo son exclusivas de los autores y no necesariamente son las del CEMLA o del EGADE.

*la Reserva Federal a la evolución de las primas por plazo. Usando el modelo estimado, realizamos un análisis contrafáctico de la evolución potencial de las variables macroeconómicas y financieras ante condiciones financieras alternas y de las respuestas de política monetaria. Analizamos seis episodios con presencia de grandes fricciones financieras, o volatilidades de choques medianos y grandes. En tres de ellas se observó una alta respuesta de política monetaria a los factores financieros: en 1978t4-1983t4 que ayudaron a mitigar la inflación a costa de la actividad económica, y los episodios de 1990t2-1993t4 y 2010t1-2011t4 en los cuales la respuesta alta sirvió para mitigar las contracciones económicas. Mientras tanto, en tres episodios donde la respuesta a los factores financieros fue baja, si la autoridad monetaria hubiera respondido más agresivamente, en 1971t1-1978t3 podría haber atenuado la baja inflación a costa de un PIB más bajo, en 2000t4-2004t4 podría haber demorado la contracción del PIB de 2002t3, pero esta hubiera sido más profunda y la inflación mayor, y en 2006t1-2009t4 podría haber precipitado la contracción del PIB. La presencia de grandes fricciones financieras y de volatilidad de choques alta hacen que las recesiones sean más profundas y que las recuperaciones sean más lentas, lo que señala la importancia del nexo financiero-macroeconómico.*

*Palabras clave:* política monetaria, estructura de plazos, fricciones financieras, VAR con cambio de régimen tipo Markov, DSGE con cambio de régimen tipo Markov, métodos bayesianos de máxima verosimilitud.

*Clasificación JEL:* E12, E43, E44, E52, E58, C11.

*En la medida que la caída en las tasas futuras pueda atribuirse a una caída en la prima por plazo, ..., el efecto es financieramente estimulante y argumenta a favor de una mayor contracción de política monetaria, todo lo demás igual. Específicamente, si el gasto depende de las tasas de interés a largo plazo, los factores especiales que bajan el diferencial entre las tasas a corto y largo plazo podrían estimular la demanda agregada. Así, cuando cae la prima por plazo, se requiere de una tasa a corto plazo más alta para obtener la tasa a largo plazo y la combinación general de condiciones financieras coherente con el empleo sostenible máximo y precios estables.*

*“Reflections on the Yield Curve and Monetary Policy”,  
Ben S. Bernanke, presidente de la Junta de Gobierno de la Reserva Federal,  
20 de marzo de 2006.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La cita anterior establece que los rendimientos de deuda a largo plazo y especialmente las primas por plazos, que es la compensación adicional requerida por los inversionistas para soportar el riesgo de tasa de interés asociado con los rendimientos a corto plazo cuando no evolucionan como se espera, son un determinante importante de la demanda agregada.<sup>1</sup> Subraya además que la autoridad monetaria debería responder a los movimientos de la prima por plazo para estabilizar los efectos que el sector financiero podría tener en la macroeconomía. Sin embargo, esta tarea se complica por el hecho de que la prima por plazo no es observable y porque los mecanismos mediante los cuales eventos de los instrumentos de deuda a largo plazo afectan a la macroeconomía no se comprenden en profundidad.

El Banco de la Reserva Federal de Nueva York refiere a una medida de prima por plazo calculada por Adrian *et al.* (2013), la cual usamos en este estudio. Antes de debatir algunos de los mecanismos potenciales que vinculan los eventos en los mercados de deuda a largo plazo y la macroeconomía, es útil analizar los movimientos cíclicos entre el producto interno bruto (PIB), la tasa de fondos federales y la prima por plazo.<sup>2</sup> La gráfica 1 muestra la diferencia entre las series observadas y las que se producen aplicando un filtro Hodrick Prescott. Existe una fuerte correlación negativa de  $-0.53$  entre los componentes cíclicos del PIB y la prima por plazo. Mientras tanto, la correlación entre los componentes cíclicos de la tasa de fondos federales y la prima por plazo es  $-0.36$  y la correlación entre los componentes cíclicos del PIB y la tasa de fondos federales es de  $0.47$ .

Para investigar con detalle la relación entre los mercados de deuda a largo plazo y la macroeconomía, estimamos un modelo de vectores autorregresivos con cambio de régimen tipo Markov (MS-VAR)

---

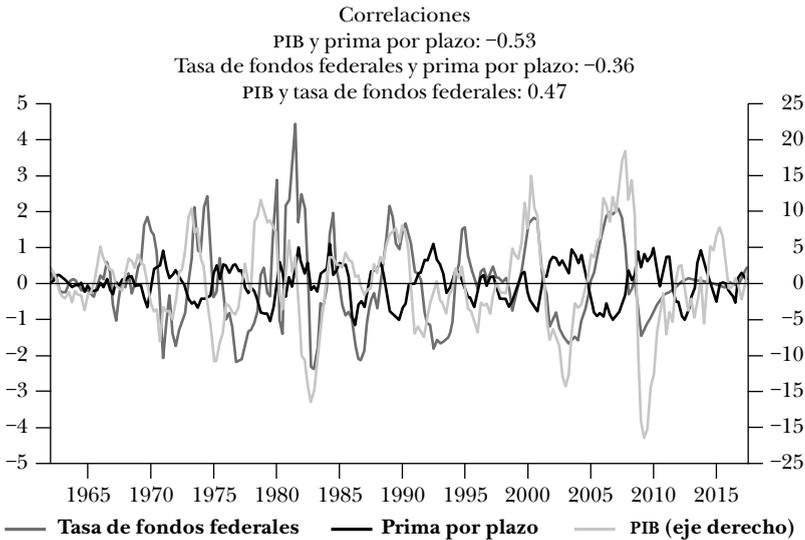
<sup>1</sup> Rudebusch *et al.* (2006) muestran que en general, una caída en la prima por plazo se asocia con un crecimiento del PIB a futuro mayor.

<sup>2</sup> Agradecemos a Robert E. Lucas por su sugerencia de retirar los movimientos de alta frecuencia usando un filtro estadístico para mostrar si existe una relación a largo plazo entre estas tres series de manera similar a lo que este autor realizó para analizar la inflación y el crecimiento del dinero en <<https://files.stlouisfed.org/files/htdocs/publications/review/2014/Q3/lucas.pdf>>

---

## Gráfica 1

### MOVIMIENTOS CÍCLICOS DEL PIB, LA TASA DE FONDOS FEDERALES Y LA PRIMA POR PLAZO: 1961T1-2017T4



Nota: Esta gráfica muestra la desviación de cada serie original de su filtro HP. El PIB es el producto interno bruto real (GDPC1 de la base de datos económicos Fred del Banco de la Reserva Federal de San Luis), la tasa de fondos federales efectiva (FEDFUNDS también de la base de datos económicos Fred) y la prima por plazo es la prima por plazo de los bancos del Tesoro a 10 años computados según la metodología de Adrián *et al.* (2013) e informados por el Banco de la Reserva Federal de Nueva York (ACM10TP).

---

siguiendo a Hubrich y Tetlow (2015), donde reemplazamos el índice de condiciones financieras del personal de la Junta de la Reserva Federal, posterior a diciembre de 1988, con la prima por plazo posterior a enero de 1962 para identificar los *eventos de tensión*. Primero, analizamos si los datos favorecen una especificación con cambio de régimen tipo Markov donde los coeficientes, las varianzas o ambos pueden cambiar en relación con un modelo VAR gaussiano no variable en el tiempo. Nuestros resultados muestran que el ajuste óptimo se logra cuando se tienen en cuenta los dos estados independientes de Markov que rigen el cambio de coeficiente y los tres estados independientes de Markov que gobiernan el cambio de varianza en todas las ecuaciones, ofreciendo pruebas de fenómenos no lineales y

no gaussianos. Segundo, usando la especificación de mejor ajuste a los datos, identificamos la probabilidad de estar en un estado de coeficiente específico y en un estado de varianza específica. Tercero, las funciones de respuesta al impulso muestran grandes diferencias en la transmisión de choques en distintos regímenes de coeficientes y varianzas.

Guiado por dos especificaciones de cambios de coeficiente y tres de cambios de varianza para nuestro MS-VAR, modificamos el modelo macroeconómico con fricciones financieras en los instrumentos de deuda a largo plazo desarrollado en Carlstrom *et al.* (2017) por una versión de equilibrio general dinámico con cambio de régimen tipo Markov (MS-DSGE). Este modelo ayuda a: 1) estudiar cómo han evolucionado las condiciones financieras, medidas por el grado de fricciones y volatilidades financieras de los choques de mercados de crédito en Estados Unidos desde 1962; 2) medir cómo ha respondido el Banco de la Reserva Federal a la evolución de las primas por plazo; y 3) realizar un análisis contrafáctico de la evolución potencial de las variables macroeconómicas y financieras ante condiciones financieras alternativas, de las respuestas de política monetaria y de las volatilidades de choques de crédito.

El ejercicio contrafáctico permite analizar de manera separada los efectos de las fricciones financieras, las respuestas de política monetaria y la volatilidad de los choques del mercado de crédito en la evolución de variables macroeconómicas y financieras. Analizamos seis episodios en los cuales la estimación asigna una probabilidad alta<sup>3</sup> a altas fricciones financieras o a altas volatilidades por choques medios o grandes. En tres de ellos: 1978t4-1983t4, 1990t2-1993t4 y 2010t1-2011t4, la estimación sugiere que la política monetaria reaccionó a las condiciones financieras con las tasas de interés a corto plazo, que mostraron una gran elasticidad a la prima por plazo del  $-1.16$ . En otros tres episodios: 1971t1-1978t3, 2000t4-2004t4, y 2006t1-2009t4, a pesar de un empeoramiento en las condiciones financieras la estimación sugiere que hubo baja respuesta a los factores financieros con una elasticidad del  $-0.24$ . La fuerte reacción monetaria permitió a la autoridad mitigar la inflación a costa de la actividad económica en el episodio de 1978t4-1983t4 y mitigar las contracciones económicas en los episodios de 1990t2-1993t4 y de

---

<sup>3</sup> Consideramos como *alta* la probabilidad de un estado de Markov dado cuando esta es mayor o igual al 50 por ciento.

2010t1-2011t4. Si la autoridad monetaria hubiese respondido más agresivamente, cuando decidió no hacerlo, podría haber logrado menor inflación a costa de un PIB más bajo en el episodio 1971t1-1978t3, podría haber demorado la contracción del PIB en 2002t3, pero hubiese sido más profunda, y la inflación habría sido mayor en 2000t4-2004t4, pudiéndose haber precipitado la contracción del PIB en 2006t1-2009t4. La presencia de grandes fricciones financieras y de alta volatilidad en los choques hace que las recesiones sean más profundas y la recuperación más lenta.

El resto del capítulo se organiza de la siguiente manera. La sección 2 presenta el modelo MS-VAR e incluye su especificación y resultados. La sección 3 presenta una versión MS-DSGE de un modelo de mercados financieros segmentados donde el patrimonio neto de las instituciones limita el grado de arbitraje entre la estructura financiera (una fricción financiera), una restricción de *préstamo anticipado* que aumenta el costo privado de la compra de bienes de inversión (creando efectos reales de las fricciones financieras), y una política monetaria aumentada con respuesta a la prima por plazo. La sección 4 presenta las técnicas de solución y estimación del modelo MS-DSGE. La sección 5 primero presenta los resultados de las estimaciones de parámetros; luego las funciones de respuesta al impulso para los distintos regímenes asociados con las fricciones financieras, la política monetaria y las volatilidades de los choques de crédito; y las probabilidades de los regímenes; y finalmente, los ejercicios contrafácticos para analizar el papel de las fricciones financieras, de las políticas monetarias y de las volatilidades de choques de crédito en la evolución de variables financieras y macroeconómicas en el periodo 1962-2017. La sección 6 presenta nuestras conclusiones.

## 2. MODELO MS-VAR

En esta sección presentamos la especificación del modelo MS-VAR y los resultados de la estimación que 1) ofrecen pruebas del beneficio de tener en cuenta los modelos de cambio de régimen en coeficientes y varianzas tipo Markov, en tanto se identifica el modelo con la mejor bondad de ajuste de datos, 2) brindan las probabilidades del régimen de coeficientes y varianzas para el modelo con el modo posterior más grande, y 3) reportan las funciones de respuesta al impulso en relación con la conducta de cada par de coeficiente-varianza.

## 2.1 Especificación del modelo

Presentamos un MS-VAR para explorar si los datos macroeconómicos y financieros ofrecen pruebas de parámetros cambiantes y varianza cambiante y para identificar periodos de alta tensión financiera en la muestra para la economía de Estados Unidos y, por lo tanto, destacar la importancia de introducir estas características en un modelo estructural. Seguimos el enfoque de Hubrich y Tetlow (2015), quienes usan un índice (FSI) para medir la tensión financiera en la estimación de un MS-VAR; sin embargo, en su lugar proponemos usar la prima por plazo calculada por Adrian *et al.* (2013), que también usamos en nuestro MS-DSGE estructural, para medir *fricciones financieras*.

Esta especificación adopta el espíritu de los parámetros de variación en el tiempo atenuada de los modelos VAR presentados por Primiceri (2005), Cogley y Sargent (2005), y Bianchi y Melosi (2017). Siguiendo la notación de Hubrich y Tetlow (2015), se puede expresar el sistema no lineal de la siguiente manera:

$$\mathbf{1} \quad y_t' A_0 (s_t^c) = \sum_{l=1}^p y_{t-l}' A_l (s_t^c) + z_t' B (s_t^c) + \varepsilon_t' \Xi^{-1} (s_t^v),$$

donde  $y_t$  es un vector  $n \times 1$  de variables endógenas y  $A_0$  y  $A_l$  son matrices  $n \times n$  que contienen los parámetros de las variables endógenas contemporáneas y rezagadas, respectivamente;  $z_t$  es una matriz  $n \times 1$  de variables endógenas y  $B$  es una matriz  $n \times n$  que incluye parámetros de variables exógenas. Las variables de estado no observables  $s_t^c$  y  $s_t^v$  controlan los regímenes operativos para los coeficientes y matriz de covarianza, respectivamente. Estas variables latentes evolucionan de acuerdo con los procesos de primer orden de Markov<sup>4</sup> con matrices de probabilidades de transición  $H^c$  y  $H^v$ , respectivamente.

Usamos series de datos trimestrales para una muestra de 1962t1 a 2017t3. En la estimación, usamos cinco variables: diferencias logarítmicas de los gastos de consumo personal mensuales,  $C_t$ , diferencias logarítmicas del índice de precios al consumidor (IPC) sin incluir los precios de los alimentos y la energía,  $P_t$ , tasa de interés nominal,  $R_t$ , crecimiento en el agregado monetario nominal M2,  $M_t$ , y la prima por plazo,  $TP_t$ ; que corresponden al vector de datos  $y_t = [C_t \quad P_t \quad R_t \quad M_t \quad TP_t]'$ . Usamos la prima por plazo del Tesoro

<sup>4</sup>  $\Pr(s_t^y = j | s_{t-1}^y = k) = p_{jk}^y, i, k = 1, 2, \dots, h^y, \text{ para } y = \{c, v\}.$

estimada por Adrian *et al.* (2013), disponible en el sitio web del Banco de la Reserva Federal de Nueva York. Todos los otros datos se toman del Banco de la Reserva Federal de San Luis. Siguiendo a Sims *et al.* (2008), se introducen *priors* estándar de Minnesota para realizar una estimación bayesiana.

## 2.2 Resultados de la estimación

### 2.2.1 ¿Existe cambio de régimen tipo Markov en los coeficientes, las varianzas o ambos?

Para determinar si los datos favorecen la especificación con cambio de régimen tipo Markov donde los coeficientes o las varianzas pueden cambiar con respecto a un modelo VAR gaussiano no cambiante en el tiempo, comparamos la bondad de ajuste con respecto a modelos alternativos. Específicamente, usamos  $\#c$  para designar los posibles estados de las cadenas de Markov que gobiernan el punto de intercesión y pendientes de los coeficientes, y  $\#v$  para indicar los posibles estados de la cadena de Markov que gobierna la varianza cambiante del sistema, donde  $\# = 1, 2, \text{ y } 3$ . Además, podríamos restringir los cambios en los parámetros estructurales para que se limiten a una ecuación(es) particular(es), que se indican por la fijación posterior de letras a las variables,  $l = \{ \}$ ,  $C, P, R, M, TP$ , donde  $\{ \}$  representa una entrada nula donde se permite que los parámetros cambien en todas las ecuaciones. Por lo tanto, un modelo etiquetado como  $1c1v$  corresponde al modelo VAR gaussiano de tiempo no cambiante, mientras que  $2c1v$  tiene dos regímenes para los coeficientes con variaciones en todas las ecuaciones y un régimen para las varianzas, y  $2cTPR3v$  tiene dos regímenes para los coeficientes restringidos para las ecuaciones de prima por plazo y de tasa de interés y tres regímenes para las varianzas.

El cuadro 1 presenta el modo posterior para cada especificación del modelo. Los modelos se ordenan de acuerdo al criterio de bondad de ajuste en el modo. Vale la pena destacar dos resultados: primero, se prefieren todas las especificaciones que permiten un cambio de régimen a la versión del modelo constante,  $1c1v$ ; segundo, el modelo con el mejor desempeño es  $2c3v$ , que permite dos estados en la cadena de Markov para controlar los parámetros en los coeficientes e interceptar simultáneamente en todas las ecuaciones del sistema, y tres estados en las cadenas de Markov que controlan las varianzas; este resultado es similar a la especificación seleccionada en la estimación

Cuadro 1

RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN MS-VAR	
<i>Especificación del modelo</i>	<i>Densidad posterior</i>
2c3v	-1,961.13
2cRM3v	-1,986.39
2cTPRM3v	-1,996.48
2cRMC3v	-2,008.31
1c3v	-2,014.16
2cTP3v	-2,039.96
3c3v	-2,052.12
2cTPCP3v	-2,066.24
2cTPC3v	-2,071.41
2cTPR3v	-2,074.19
2c2v	-2,087.19
1c2v	-2,091.26
2c1v	-2,116.98
1c1v	-2,134.26

Nota: los modos posteriores están en logaritmos para los modelos estimados.

de Hubrich y Tetlow (2015) usando el índice de tensión financiera para datos mensuales que abarca desde 1988m12 a 2011m12.

### 2.2.2 Probabilidades de cambios en los coeficientes y en los estados de varianza

La gráfica 2 muestra las probabilidades atenuadas en el modo posterior para el coeficiente de tensión alta y la varianza de tensión alta y media para el modelo 2c3vMS-VAR, el que mejor se ajusta a los datos.

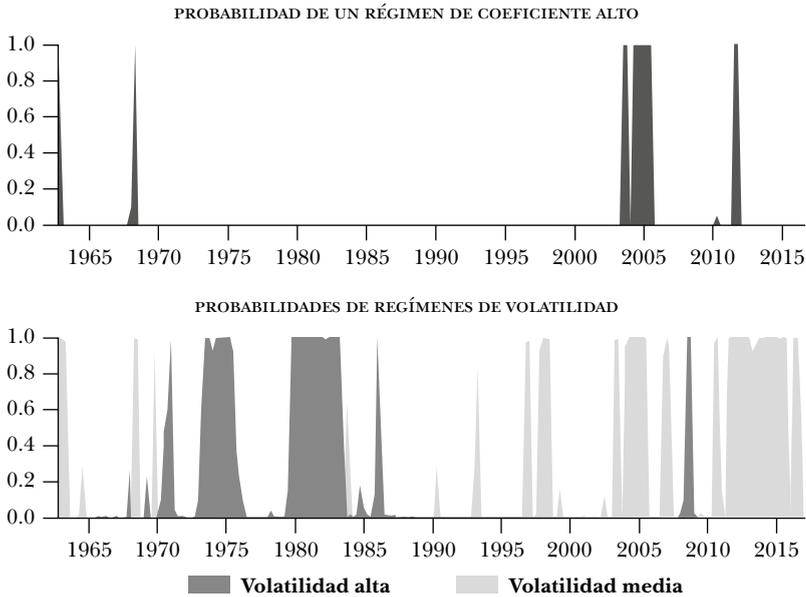
La estimación MS-VAR identifica 12 trimestres (5.5% de la muestra MS-VAR que abarcan desde 1962t4 a 2017t1) con probabilidad alta de un estado de coeficientes de tensión alta y los 206 trimestres restantes (94.5%) en un estado de coeficiente de tensión baja.<sup>5</sup> Mientras

<sup>5</sup> Los resultados para el modelo 2c3v no muestran muchos cambios en las probabilidades de coeficientes. Sin embargo, si restringimos el modelo a otras especificaciones en las ecuaciones de tasa de interés, de oferta de dinero y primas por plazo, tales como 2cRM3v, 2cTPR3v y 2cTPRM3v, las probabilidades atenuadas para los coeficientes tienen

---

## Gráfica 2

### PROBABILIDADES ATENUADAS DE LOS RÉGIMENES DE COEFICIENTES Y VARIANZAS DEL MODELO MS-VAR



Nota: el panel superior presenta la probabilidad de un régimen de coeficiente de tensión alta. El panel inferior reporta las probabilidades de regímenes de tensión media y alta.

---

tanto, en cuanto al cambio de la varianza, la estimación identifica 32 trimestres (14.7%) de probabilidad alta de un estado de varianza de tensión alta, 49 trimestres (22.5%) de estado de varianza de tensión media y 137 trimestres (62.8%) de estado de varianza de tensión baja. Reservamos la narrativa histórica del cambio de regímenes en coeficientes y varianzas para la subsección 5.4 donde analizamos los cambios de regímenes de los modelos DSGE.

---

mayor fluctuación. Estos modelos señalan fricciones para los coeficientes en los siguientes porcentajes de la muestra: 18%, 32%, y 32%, respectivamente. Como se muestra en la sección 5.3, estos resultados son más coherentes con los resultados de la especificación MS-DSGE, donde las fricciones financieras altas están presentes en un 26.5% de la muestra, mientras que la respuesta de la política monetaria alta está presente en un 19.3 por ciento.

### **2.2.3 Funciones de respuesta al impulso del modelo MS-VAR**

La gráfica 3 presenta las funciones de respuesta al impulso para el modelo 2c3v MS-VAR, el cual tiene el mejor ajuste a los datos. Allí vemos que los coeficientes cambiantes y las volatilidades cambiantes generan diferentes respuestas para cualquier variable dada. Son notables las diferencias en magnitud y persistencia para los regímenes de coeficientes altos (rojo) contra de coeficientes bajos (azul), lo cual produce una escala distorsionada en algunas respuestas. También, existen diferencias significativas en las respuestas al comparar regímenes de varianza alta (color más oscuro), media y baja. Por ejemplo, para un choque de prima por plazo, un régimen de coeficiente alto tiene un efecto transitorio sobre las primas por plazo, una caída marcada en el crecimiento del consumo y un alza en las tasas de interés, lo cual contrasta con el régimen de coeficiente bajo donde el efecto sobre la prima por plazo se extiende por más tiempo y no provoca la contracción en el crecimiento del consumo, ni cambios en las tasas de interés. Otro ejemplo es el comportamiento de las variables ante un choque de tasa de interés, donde con el régimen de coeficientes altos, la prima por plazo sube abruptamente y el crecimiento del consumo baja, excepto en el caso de régimen de coeficientes altos con régimen de varianza baja (lo cual sucedió solo en 2003t4) donde parte de las dinámicas se asemejan al régimen de coeficientes bajos.

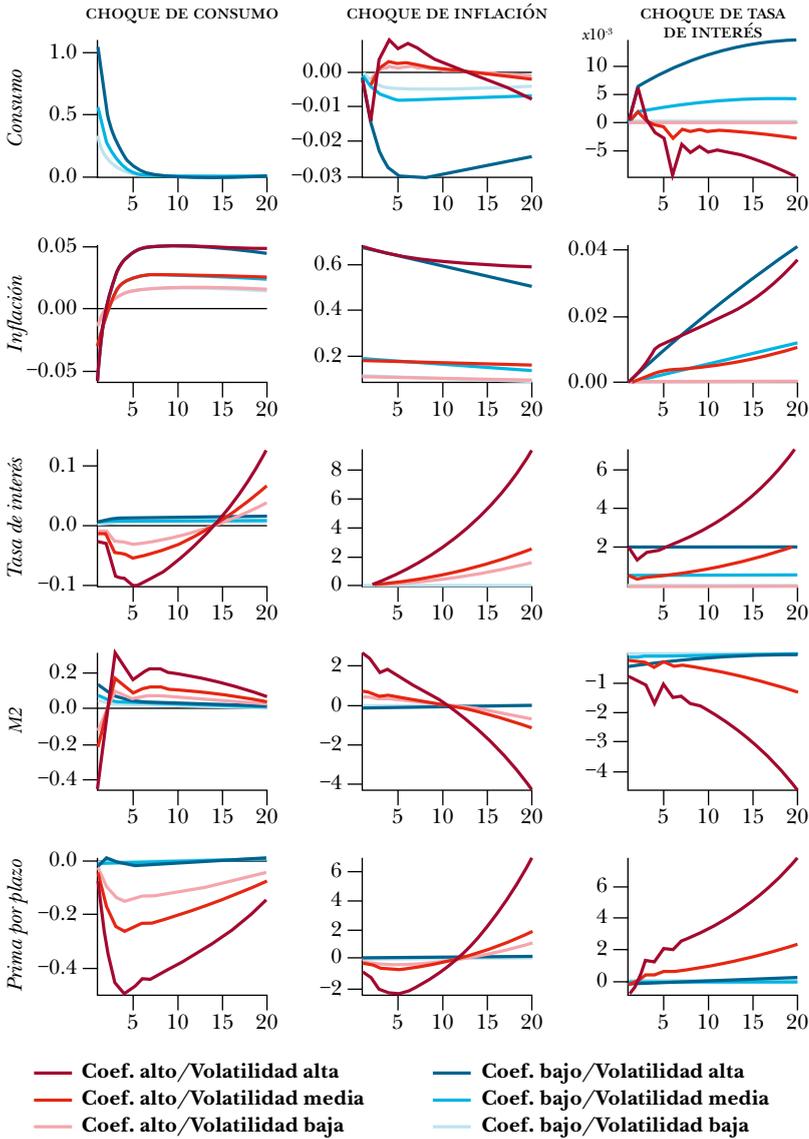
Nuestras estimaciones coinciden con los enfoques econométricos empíricos que dan forma al papel de las fricciones financieras como fuente de amplificación de los choques, lo que permite dinámicas con cambio de régimen tipo Markov usando modelos VAR para la economía estadounidense (ver Davigy Hakkio, 2010; y Hubrich y Tetlow, 2015). Guiado por la evidencia en este MS-VAR de coeficientes y varianzas cambiantes, avanzamos ahora al modelo MS-DSGE con vinculaciones macrofinancieras para analizar los mecanismos potenciales.

## **3. MODELO MS-DSGE**

Si bien el enfoque econométrico menos restrictivo del MS-VAR nos permite identificar los cambios de régimen, no deja margen para una interpretación económica de los cambios en los parámetros y las varianzas. Exploramos la posibilidad de que los cambios de régimen

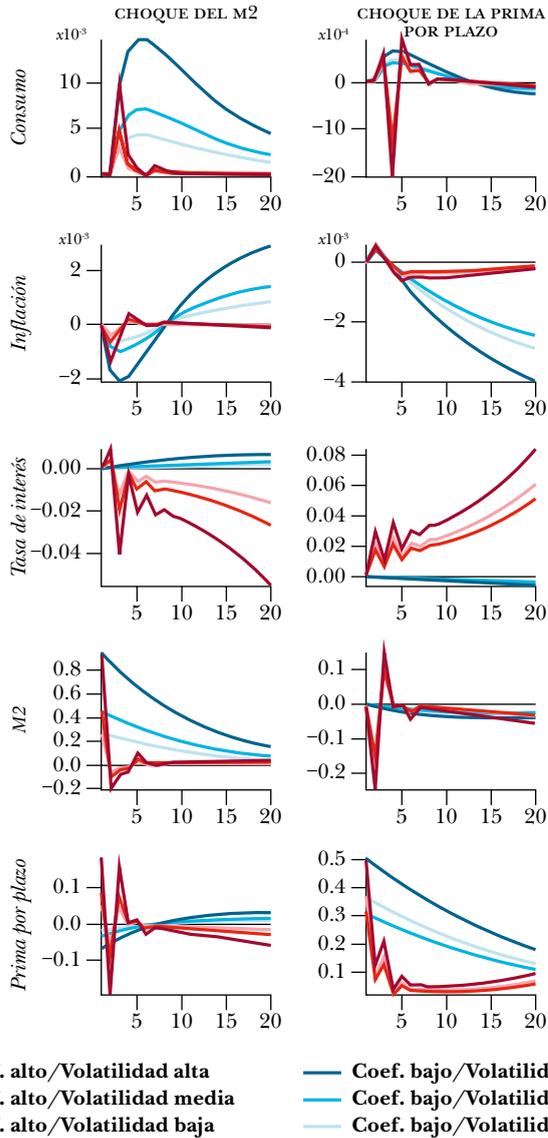
### Gráfica 3

#### FUNCIONES DE RESPUESTA AL IMPULSO PARA LAS CINCO ECUACIONES DEL MODELO 2C3V MS-VAR



Gráfica 3 (cont.)

FUNCIONES DE RESPUESTA AL IMPULSO  
PARA LAS CINCO ECUACIONES DEL MODELO 2C3V MS-VAR



Nota: los regímenes de coeficientes altos se presentan en colores rojos, mientras que los regímenes de coeficiente bajo en colores azules. Mientras más oscuro es el color, mayor es la volatilidad de la varianza del régimen.

observado estén relacionados con los cambios en las condiciones financieras mediante cambios en las fricciones financieras y de la volatilidad de los choques de los mercados de crédito. Al hacerlo, usamos el modelo propuesto por Carlstrom *et al.* (2017), y tenemos en cuenta dos regímenes de coeficiente asociados con las fricciones financieras y tres regímenes de varianza ordenados por la volatilidad de los choques de los mercados de crédito. Además, para analizar si la política monetaria responde a estas condiciones financieras, se permiten dos cambios de régimen independientes de una función de reacción de la tasa de interés de política monetaria aumentada por la prima por plazo. Con ese modelo identificamos para Estados Unidos cómo han evolucionado las fricciones financieras, las volatilidades de choques del mercado de crédito y la política monetaria desde 1962. El modelo estimado ofrece un marco congruente para realizar un análisis contrafáctico de lo que podría haber sucedido bajo condiciones financieras alternas, varianzas de choques de crédito y respuestas de política monetaria.

### 3.1 Modelo

Esta sección presenta elementos clave del modelo DSGE de Carlstrom *et al.* (2017) con nuestra modificación del cambio de régimen tipo Markov en los parámetros que registran las fricciones financieras, las respuestas de política monetaria y la volatilidad estocástica de todos los choques en el modelo. Los cambios potenciales en las fricciones financieras se registran mediante los cambios en el parámetro asociados con los costos de ajuste de cartera de los intermediarios financieros (IF),  $\psi_n$ , lo que también se relaciona con los problemas de cautividad de los IF. Usamos una variable de estado,  $\xi_t^{ff}$ , para distinguir el nivel de régimen de fricciones financieras a un tiempo  $t$ . Por otra parte, para los cambios de régimen de la respuesta de política monetaria a la prima por plazo usamos una variable de estado,  $\xi_t^{mp}$ , para diferenciar entre las elasticidades de las tasas de interés a corto plazo con respecto al régimen de prima por plazo  $\tau_{tp}$  en el tiempo  $t$ . De forma concurrente, para tener en cuenta los cambios de régimen en las volatilidades estocásticas, hacemos un tercer proceso independiente con cambio de régimen tipo Markov y usamos una variable de estado  $\xi_t^{vol}$  para distinguir el régimen de volatilidad en el tiempo  $t$ .

La economía está constituida por hogares, intermediarios financieros y agencias de gobierno. Muchos de estos ingredientes son estándar siendo la novedad principal los supuestos de las interacciones entre los hogares y los intermediarios financieros. Específicamente, los individuos no tienen acceso a los mercados de deuda a largo plazo, mientras que los IF sí, creando una segmentación del mercado de crédito. Los hogares enfrentan una restricción de préstamo anticipado para financiar inversión lo que le asigna a la segmentación de mercado un papel relevante para las colocaciones reales. Los IF tienen un problema de cautividad ya que pueden incumplir los pagos a los depositantes quienes sólo podrían recuperar una fracción  $(1 - \Psi_t)$  de los activos de los IF, donde  $\Psi_t$  es una función decreciente del patrimonio neto de los IF, creando un tipo de mecanismo de aceleración financiera. Los IF se enfrentan a los costos de ajuste de cartera lo cual limita su capacidad para responder ante los cambios en la oferta relativa de los gobiernos de deuda a largo plazo, con efecto sobre el crédito y la inversión, ya que el patrimonio neto y los depósitos no pueden esterilizar rápidamente las compras de deuda a largo plazo de los bancos centrales. Finalmente, la función reacción de la tasa de interés del banco central aumenta con una respuesta potencial a la prima por plazo. Estos son los elementos clave del nexo entre política macro, financiera, y monetaria del modelo destacado aquí.

En Carlstrom *et al.* (2017), el lector puede encontrar otros elementos del modelo como la descripción de oferta de mano de obra monopolísticamente especializada de los hogares como en Erceg *et al.* (2000), que sirve para introducir las rigideces de salarios y los choques de márgenes salariales. También, existe la descripción del problema del productor de bienes finales perfectamente competitivo que produce el agregado de un continuo de bienes intermedios para la oferta agregada. Se presenta el problema de los productores de bienes intermedios monopolísticamente competitivos como en Yun (1996). Estas empresas se usan también para introducir choques neutrales de tecnología y rigideces de precios como también choques de márgenes de precios. El problema de los productores de capital nuevo que transforman los bienes de inversión en nuevos bienes de capital mediante costos de ajuste de la inversión e introducen un choque tecnológico específico de inversión.

### 3.1.1 Hogares

Cada hogar elige un consumo,  $C_t$ ; una oferta laboral,  $H_t$ ; unos depósitos a corto plazo en los IF,  $D_t$ ; unos bonos de inversión,  $F_t$ ; una inversión,  $I_t$ ; y un capital físico para el próximo periodo  $K_{t+1}$  para maximizar el problema de optimización dado por:

$$2 \quad \max_{C_t, H_t, D_t, F_t, I_t, K_{t+1}} E_0 \sum_{s=0}^{\infty} \beta^s e^{m_{t+s}} \left\{ \ln(C_{t+s} - hC_{t+s-1}) - L \frac{H_{t+s}^{1+\eta}}{1+\eta} \right\},$$

sujeto a:

$$3 \quad C_t + \frac{D_t}{P_t} + P_t^k I_t + \frac{F_{t-1}}{P_t} \leq W_t H_t + R_t^k K_t \\ - T_t + \frac{D_{t-1}}{P_t} R_{t-1} + \frac{Q_t(F_t - \kappa F_{t-1})}{P_t} + div_t,$$

$$4 \quad K_{t+1} \leq (1 - \delta) K_t + I_t,$$

$$5 \quad P_t^k I_t \leq \frac{Q_t(F_t - \kappa F_{t-1})}{P_t} = \frac{Q_t C I_t}{P_t}.$$

Antes de definir las variables y parámetros, es importante destacar que los hogares no tienen acceso a bonos a largo plazo, mientras que los IF sí, creando una segmentación de mercado. También, muy importante para los nexos macrofinancieros, la ecuación 5 es una restricción de préstamos anticipados según la cual toda compra de inversión debe ser financiada emitiendo bonos de inversión,  $F_t$ , que se compran por medio de los IF. El comportamiento endógeno de la distorsión relacionada con el multiplicador de Lagrange de la restricción de préstamos anticipados es fundamental para los efectos reales que surgen de la segmentación del mercado.

En esta optimización,  $h \in (0, 1)$  es el grado de formación de hábito,  $\beta^t \in (0, 1)$  es el factor de descuento de los choques de

preferencias intertemporales,  $e^m$ , que sigue el proceso estocástico  $m_t = \rho_m m_{t-1} + \sigma_{m, \xi_t^{vol}} \varepsilon_{m,t}$ , donde  $\sigma_{m, \xi_t^{vol}}$  es la desviación estándar de la volatilidad estocástica de las preferencias intertemporales  $\varepsilon_{m,t} \sim \text{iid } N(0, \sigma_m^2)$ , cuyo subíndice  $\xi_t^{vol}$  denota que puede cambiar en distintos regímenes en el tiempo  $t$ . Seguimos la misma convención de notación para cada choque. Dejando de lado la volatilidad cambiante, el problema de los hogares no tiene coeficientes cambiantes.

La ecuación 3 nos dice que las fuentes de ingreso de los hogares son la oferta de mano de obra con salario real  $W_t$ ; las rentas de capital a una tasa real  $R_t^k$ ; las tenencias de depósitos de periodos anteriores con tasa de interés nominal bruta  $R_{t-1}$ ; las nuevas emisiones de bonos de inversión a perpetuidad  $CI_t = F_t - \kappa F_{t-1}$  con precio  $Q_t$ ; y el flujo de dividendos de los IF  $div_t$ .<sup>6</sup> Los hogares usan sus recursos para pagar un monto fijo por impuestos  $T_t$ , consumir, tener depósitos en los IF, comprar bienes de inversión a precios reales de capital  $P_t^k$  y pagar bonos de inversión en circulación.  $P_t$  es el nivel de precios. Mientras tanto, la ecuación 4 es la ecuación de acumulación de capital estándar con tasa de depreciación  $\delta$  y, como ya se mencionó, la ecuación 5 es la restricción de préstamos anticipados para las compras de inversión.

### 3.1.2 Intermediarios financieros

Los intermediarios financieros eligen el patrimonio neto,  $N_t$ , y los dividendos para maximizar su función de valor,  $V_t$ , para resolver el problema de la optimización dado por:

$$6 \quad V_t = \max_{N_t, div_t} E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \zeta)^j \Lambda_{t+j} div_{t+j},$$

Sujeto a la restricción de recursos:

$$7 \quad div_t + N_t [1 + f(N_t)] \leq \frac{P_{t-1}}{P_t} [(R_t^L - R_{t-1}^d) L_{t-1} + R_{t-1}^d] N_{t-1}$$

<sup>6</sup> Los hogares también reciben un flujo de ganancias de los productores de bienes intermedios y de los productores de nuevo capital, pero a fin de simplificar la notación, se omite esta parte.

y la restricción de compatibilidad de incentivos que garantiza que el IF reembolsa los depósitos, dado que los depositarios pueden apoderarse en el mejor de los casos de una fracción  $(1 - \Psi_t)$  de los activos de un IF:

$$8 \quad E_t V_{t+1} \geq \Psi_t E_t R_{t+1}^L \left( \frac{D_t}{P_t} + N_t \right),$$

donde  $\zeta \in (0, 1)$  es una tasa de impaciencia adicional para evitar que la segmentación a corto y largo plazo del mercado desaparezca mediante la acumulación *excesiva* de patrimonio neto,  $\Lambda_t$  es la utilidad marginal del consumo de los hogares.

Con respecto a la restricción de recursos, los IF usan el patrimonio neto acumulado,  $N_t$ , y los pasivos a corto plazo,  $D_t$ , para financiar los bonos de inversión,  $F_t$ , y los bonos a largo plazo  $B_t$ . Por lo tanto, el balance de un IF está dado por  $\frac{B_t}{P_t} Q_t + \frac{F_t}{P_t} Q_t = \frac{D_t}{P_t} + N_t = L_t N_t$  donde  $Q_t$  es el precio de una nueva emisión de deuda en el tiempo

$t$  y donde  $R_t^L \equiv \left( \frac{1 + \kappa Q_t}{Q_{t-1}} \right)$  es el rendimiento del préstamo,  $R_t^d$  es la tasa de interés sobre los depósitos. Del lado izquierdo de la ecuación 7, estas ganancias se usan para distribuir dividendos y acumular patrimonio neto, el cual tiene una función de costo de

ajuste  $f(N_t) \equiv \frac{\Psi_{n, \xi_t^{ff}}}{2} \left( \frac{N_t - N_{ss}}{N_{ss}} \right)^2$  que disminuye la habilidad del

IF para ajustar el tamaño de su cartera en respuesta a los choques. El subíndice  $\xi^{ff}$  indica la posible variación de este parámetro de segmentación del mercado financiero en relación con las fricciones financieras, en distintos regímenes en tiempo  $t$ .

Asumiendo que  $\Psi_t \equiv \Phi_t \left[ 1 + \frac{1}{N_t} \left( \frac{E_t g_{t+1}}{E_t X_{t+1}} \right) \right]$ , es una función de patrimonio neto de manera simétrica con  $f(N_t)$ , la restricción del incentivo vinculante 8, que rinde apalancamiento como una función de las variables agregadas pero independiente de cada patrimonio neto de los IF, está dada por:

$$9 \quad E_t \frac{P_t}{P_{t+1}} \Lambda_{t+1} \left[ \left( \frac{R_{t+1}^L}{R_t^d} - 1 \right) L_t + 1 \right] = \Phi_t L_t E_t \Lambda_{t+1} \frac{P_t}{P_{t+1}} \frac{R_{t+1}^L}{R_t^d}.$$

Entonces, la decisión óptima de acumulación de los IF está dada por

$$10 \quad \Lambda_t \left[ 1 + N_t f'(N_t) + f(N_t) \right] = E_t \beta \zeta \Lambda_{t+1} \frac{P_t}{P_{t+1}} \left[ (R_{t+1}^L - R_t^d) L_t + R_t^d \right],$$

donde  $\Phi_t \equiv e^{\phi_t}$  es un choque de crédito que en logaritmos sigue un proceso AR(1):

$$11 \quad \phi_t = (1 - \rho_\phi) \phi_{ss} + \rho_\phi \phi_{t-1} + \sigma_{\phi, \xi_t^{vol}} \varepsilon_{\phi, t},$$

donde  $\sigma_{\phi, \xi_t^{vol}}$  es la desviación estándar de la volatilidad estocástica del choque de crédito,  $\varepsilon_{\phi, t} \sim \text{iid } N(0, \sigma_\phi^2)$ , cuyo subíndice  $\xi_t^{vol}$  denota que puede cambiar entre regímenes en el tiempo  $t$ . Cuando tenemos en cuenta los cambios de régimen en volatilidades, los regímenes se clasificarán por la magnitud de este choque.

Los aumentos en  $\phi_t$  exacerbarán el problema de cautividad, y actúan como *choques de crédito*, lo cual incrementará el diferencial y disminuirá la actividad real.

### 3.1.3 Efectos de la fricción financiera

Para entender mejor las fricciones financieras, primero realizamos una linealización logarítmica de la restricción de compatibilidad del incentivo de los IF (ecuación 9) y la decisión de acumulación óptima de patrimonio neto de los IF (ecuación 10) para obtener

$$12 \quad E_t (r_{t+1}^L - r_t) = \nu l_t + \left[ \frac{1 + (s-1)L_{ss}}{L_{ss} - 1} \right] \phi_t$$

y

$$13 \quad \psi_{n, \xi_t^{ff}} n_t = \left[ \frac{sL_{ss}}{1 + L_{ss}(s-1)} \right] E_t (r_{t+1}^L - r_t) \left[ \frac{(s-1)L_{ss}}{1 + L_{ss}(s-1)} \right] l_t,$$

donde  $\nu \equiv (L_{ss} - 1)^{-1}$  es la elasticidad del diferencial de la tasa de interés a apalancamiento;  $s$  denota la prima bruta en estado estacionario. La ecuación 12 es cualitativamente idéntica a la relación

correspondiente al entorno de verificación de estado más costosa y más compleja de Bernanke *et al.* (1999). Combinando 10 y 11, obtenemos la siguiente ecuación:

$$14 \quad E_t \left( r_{t+1}^L - r_t \right) = \frac{1}{L_{ss}} \psi_{n, \xi_t^{ff}} n_t + (s-1) \phi_t.$$

Esta expresión muestra la importancia de  $\psi_{n, \xi_t^{ff}}$  para la oferta de crédito. Si  $\psi_{n, \xi_t^{ff}} = 0$ , la oferta de crédito es perfectamente elástica independientemente del patrimonio neto de los intermediarios financieros. En la medida que  $\psi_{n, \xi_t^{ff}}$  se hace más grande, la fricción financiera se vuelve más intensa y la oferta de crédito depende positivamente del patrimonio neto de los intermediarios financieros.

### 3.1.4 Política fiscal

La política fiscal es totalmente pasiva. Los gastos de gobierno se fijan en cero. Los impuestos de suma fija se mueven de manera endógena para respaldar los pagos de interés en la deuda a corto y largo plazo.

### 3.1.5 Política del mercado de deuda

Consideramos un régimen de política de deuda exógena. Se asume que la deuda a largo plazo sigue

$$15 \quad b_t = \rho_1^b b_{t-1} + \rho_2^b b_{t-2} + \epsilon_{b,t},$$

donde  $b_t \equiv \ln \left( \frac{\bar{B}_t}{\bar{B}_{ss}} \right)$  y podría fluctuar debido a las compras de bonos a largo plazo (QE) o a los cambios en la combinación de deuda a corto y largo plazo. Un proceso AR(2) que sea coherente con la política de expansión cuantitativa y que señale la persistencia de choques de política monetaria.

### 3.1.6 Política del banco central

Asumimos que el banco central sigue una regla de Taylor de prima por plazo ( $tp_t$ ) aumentada con respecto de la tasa a corto plazo (letras del Tesoro y depósitos):

16

$$\ln(R_t) = \rho_{R, \xi_t^{mp}} \ln(R_{t-1}) + \left(1 + \rho_{R, \xi_t^{mp}}\right) \left( \tau_{\pi, \xi_t^{mp}} \pi_t + \tau_{y, \xi_t^{mp}} y_t^{gap} + \tau_{lp, \xi_t^{mp}} lp_t \right) + \sigma_{r, \xi_t^{vol}} \epsilon_{r,t},$$

donde  $y_t^{gap} \equiv (Y_t - Y_t^f) / Y_t^f$  denota la desviación del producto de su contraparte de precio flexible,  $\pi_t$  es la tasa de inflación del IPC, y  $\epsilon_{r,t}$  es un choque de política exógeno y autocorrelacionado con el coeficiente AR(1)  $\rho_m$ . El coeficiente  $\rho_{R, \xi_t^{mp}}$  registra el grado de persistencia de la tasa de interés, y los parámetros  $\tau_{\pi, \xi_t^{mp}}$ ,  $\tau_{y, \xi_t^{mp}}$ , y  $\tau_{lp, \xi_t^{mp}}$ , registran la elasticidad de la tasa de interés a la inflación, la brecha de producto y la prima por plazo, respectivamente. Además,  $\xi_t^{mp}$  indica que estos parámetros pueden cambiar en distintos regímenes en el tiempo  $t$ . Ordenaremos los regímenes de acuerdo a la respuesta relativa a la prima por plazo.

La prima por plazo se define como la diferencia entre el rendimiento observado en un bono a diez años y el rendimiento correspondiente implicado por la aplicación de la hipótesis de expectativa de la estructura por plazos a la serie de tasas a corto plazo.

## 4. SOLUCIÓN Y ESTIMACIÓN DEL MODELO MS-DSGE

### 4.1 Métodos de solución del modelo MS-DSGE

Dado que los conceptos tradicionales de estabilidad para modelos DSGE constantes no aplican para el caso de cambio de régimen tipo Markov, para resolver la versión lineal del modelo usamos el método de solución propuesto por Maih (2015),<sup>7</sup> que usa el concepto de variable mínima de estado<sup>8</sup> para presentar la solución al sistema de la siguiente manera:

17

$$X_t(s_t, s_{t-1}) = T(\xi_t^{sp}, \theta^{sp}) X_{t-1}(s_{t-1}, s_{t-2}) + R(\xi_t^{vol}, \theta^{sp}) \epsilon_t,$$

<sup>7</sup> Con base en métodos de perturbación como el enfoque que presentan Barthélemy y Marx (2011) y Foerster *et al.* (2014).

<sup>8</sup> Ver McCallum (1983).

Donde las matrices  $T$  y  $R$  contienen los parámetros del modelo.  $X_t$  representa el vector ( $n \times 1$ ) de variables endógenas,  $\varepsilon_t$  es el vector ( $k \times 1$ ) de procesos exógenos.

Como se mencionó en la sección anterior, introducimos la posibilidad de un cambio de régimen para dos parámetros estructurales ( $sp$ ) y de volatilidades de choque ( $vol$ ) mediante tres cadenas de Markov independientes:  $\xi_t^{ff}$ ,  $\xi_t^{mp}$  y  $\xi_t^{vol}$ , respectivamente. Las tres cadenas denotan los regímenes no observables asociados con la segmentación de mercado,  $\psi_{n, \xi_t^{ff}}$ , la respuesta de la política monetaria a la prima por plazo,  $\tau_{tp, \xi_t^{mp}}$ , y las volatilidades. Estos procesos están sujetos a cambios de régimen y adoptan valores discretos  $i \in \{1, 2\}$ , donde el régimen 1 implica valores absolutos altos para los parámetros de segmentación del mercado, la respuesta de política monetaria a la prima por plazo y las volatilidades; lo opuesto sucede con los parámetros bajos.<sup>9</sup>

Se asume que las tres cadenas de Markov siguen un proceso de primer orden con las siguientes matrices de transición respectivamente:

$$18 \quad H^i = \begin{pmatrix} H_{12} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{pmatrix} \text{ para } i=ff, mp, vol,$$

donde  $H_{ij} = p(sp_t = j | sp_{t-1} = i)$ , para  $i, j = 1, 2$ . Luego,  $H_{ij}$  representa la probabilidad de estar en un régimen  $j$  en  $t$  dado que uno estaba en el régimen  $i$  en  $t-1$ .

Diversos autores se han enfocado en el concepto de soluciones de estabilidad media cuadrática<sup>10</sup> para el sistema 17. Como destacan Maih (2015) y Foerster (2016), esta condición implica primeros y segundos momentos finitos en expectativas para el sistema:

$$19 \quad \lim_{j \rightarrow \infty} \mathbb{E}_t [X_{t+j}] = \bar{x},$$

$$20 \quad \lim_{j \rightarrow \infty} \mathbb{E}_t [X_{t+j} X'_{t+j}] = \Sigma.$$

<sup>9</sup> La identificación para cada régimen se detalla en la subsección 4.4.

<sup>10</sup> Ver Costa *et al.* (2006); Cho (2014); Foerster *et al.* (2014); y Maih (2015).

Además, como lo destacan Costa *et al.* (2006), y Foerster (2016), la solución del sistema 17 dado que la matriz  $T(\xi^{sp}, \theta^{sp}, H)$  no satisface la condición de estabilidad estándar: una condición necesaria y suficiente de estabilidad media cuadrática implica que todos los valores propios de la matriz  $\Psi$  estén en el círculo unitario (Alstadheim *et al.*, 2013):

$$21 \quad \Psi = \left( \mathbb{H} \otimes I_{n^2} \right) \begin{bmatrix} T_1 T_1 & & & \\ & \ddots & & \\ & & & \\ & & & T_h T_h \end{bmatrix}.$$

Finalmente, para completar la forma de estado del modelo, se combina 17 con la ecuación de medición 22:

$$22 \quad Y_t^{obs} = MX_t,$$

donde  $Y_t^{obs}$  son los observables.

## 4.2 Métodos de estimación del modelo MS-DSGE

Como el filtro de Kalman estándar no puede usarse para computar la verosimilitud, debido a la presencia de estados de las cadenas de Markov no observables, las inferencias a partir del filtro deben estar condicionadas a la información de los estados actual y pasado del sistema,  $s_t$  y  $s_{t-1}$ , respectivamente. Si el filtro considera todas las trayectorias posibles del sistema, en cada iteración, estos se multiplicarán por la cantidad de regímenes posibles,  $h$ . En unos pocos pasos, la cantidad de trayectorias de los sistemas se podría incrementar, lo que haría la computación del problema inviable como señalan Alstadheim *et al.* (2013). Para hacer que el problema sea viable, Kim y Nelson (1999) proponen una aproximación que promedia entre estados.<sup>11</sup> Siguiendo el enfoque que bosquejan Alstadheim *et al.* (2013) y Bjørnland *et al.* (2018), la operación promediada (*collapse*) se aplica durante el procedimiento de filtrado. Esta forma de cálculo

---

<sup>11</sup> Este algoritmo implica ejecutar el filtro de Kalman para cada una de las trayectorias y tomar un promedio ponderado usando las ponderaciones dadas por la probabilidad asignada a cada trayectoria del filtro propuesto por Hamilton (1989).

tiene ahorros computacionales y resultados numéricos similares al enfoque de Kim-Nelson (Kim y Nelson, 1999; Bjørnland *et al.*, 2018).

Para este capítulo se usa un enfoque bayesiano para estimar el modelo con el siguiente procedimiento:

- 1) Computamos la solución del sistema usando un algoritmo de Maih (2015) y empleando una versión modificada del filtro de Kim y Nelson (1999) para computar la verosimilitud con la distribución *prior* de los parámetros.
- 2) Construimos el resultado de kernel posterior de las rutinas de optimización de búsqueda estocástica.<sup>12</sup>
- 3) Usamos el modo de distribución posterior como valor inicial para un algoritmo de Metropolis-Hasting,<sup>13</sup> con 500,000 iteraciones, para construir la distribución posterior completa.
- 4) Utilizando la media y varianzas de las últimas 100,000 iteraciones computamos los momentos.

### 4.3 Base de datos

Usamos datos de Estados Unidos desde 1962t1 a 2017t3 para la estimación del modelo. La base de datos toma las series originales que se señalan en Carlstrom *et al.* (2017) pero extiende la muestra de 2008t4 a 2017t3.

Las series trimestrales para las tasas de crecimiento anualizadas del PIB real, la inversión real nacional privada bruta, los salarios reales, la tasa de inflación (índice de gastos de consumo personal) y salarios reales.<sup>14</sup> Las series de insumo de trabajo se construyó sustituyendo el componente de tendencia del sector de negocios no agrícolas (horas de todas las personas). Las series para las tasas de fondos federales se obtienen promediando las cifras mensuales descargadas del sitio web del Banco de la Reserva Federal de San Luis. Además, para la prima por plazo, tomamos las series de prima por plazo del Tesoro del sitio web del Banco de la Reserva Federal de

---

<sup>12</sup> El algoritmo está incluido en el conjunto de herramientas RISE.

<sup>13</sup> Con una tasa de aceptación de  $\alpha = 0.28$ .

<sup>14</sup> Definidos por la compensación nominal del sector de negocios no agrícolas dividido por el deflactor del consumo.

Nueva York, estimadas por Adrian *et al.* (2013). Se ha restado el promedio de todos los datos.

#### 4.4 Especificación *prior*

Siguiendo a Carlstrom *et al.* (2017), calibramos los diversos parámetros para emparejar las características de largo plazo de los datos de Estados Unidos, que se presentan en el cuadro 2. Con respecto al bloque de parámetros no cambiantes en el modelo, y siguiendo a Bjørnland *et al.* (2018), en lugar de fijar las medias y las desviaciones estándar para las densidades *priors*, estas se fijan usando cuantiles de las distribuciones. Específicamente, usamos intervalos de probabilidad del 90% de la distribución respectiva para develar los hiperparámetros subyacentes, con base en los resultados que se presentan en Carlstrom *et al.* (2017). Se muestra la elección de distribuciones *priors* para las constantes y los parámetros cambiantes que se muestran en el panel derecho de los cuadros 3 y 4, respectivamente.

Cuadro 2	
PARÁMETROS CALIBRADOS	
<i>Parámetro</i>	<i>Valor</i>
$\beta$	0.99
$\alpha$	0.33
$\delta$	0.025
$\rho_{\epsilon_t}^{10}$	0.85
$\epsilon_p = \epsilon_w$	5
Lss	6
S	0.01
$R_{ss}^L$	$1/\beta$
$(1-\kappa)^{-1}$	40

Con fines de identificación, caracterizamos el régimen de alta segmentación del mercado financiero,  $\xi_t^{ff} = 1$ , como un régimen donde el mercado de crédito presenta costos elevados de ajuste de cartera (esto es,  $\psi_{n,\xi_t^{ff}=1} > \psi_{n,\xi_t^{ff}=2}$ ). Mientras tanto, para los cambios de régimen en la respuesta de política monetaria a la prima por plazo, definimos que  $\xi_t^{mp} = 1$ , es el régimen donde el banco central responde fuertemente a los cambios en esta variable (esto es,  $|\tau_{\eta,\xi_t^{mp}=1}| > |\tau_{\eta,\xi_t^{mp}=2}|$ ). El modelo también toma en cuenta los cambios de régimen en todos los choques; por lo tanto, dejamos que los choques de volatilidad sigan un proceso independiente del proceso Markov de tres estados. Luego, indicamos los regímenes de volatilidad alta, media y baja,  $\xi_t^{vol} = 1$ ,  $\xi_t^{vol} = 2$ , y  $\xi_t^{vol} = 3$ , respectivamente, que implica la siguiente restricción no lineal:  $\sigma_{\phi,\xi_t^{vol}=1} > \sigma_{\phi,\xi_t^{vol}=2} > \sigma_{\phi,\xi_t^{vol}=3}$ .

## 5. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN MS-DSGE

### 5.1 Estimación de los parámetros

En esta sección, presentamos las estimaciones de los parámetros posteriores. La estimación bayesiana usa el modo posterior como valor inicial. El cuadro 3 muestra las estimaciones de los parámetros constantes y el cuadro 4, las estimaciones de parámetros cambiantes, las desviaciones estándar de los choques y los elementos de las matrices de transición. Enfocamos nuestra presentación de los resultados en los elementos cambiantes.

Lo primero que se nota es que hay grandes diferencias en el parámetro que caracteriza las fricciones financieras relativas al problema de cautividad de los intermediarios financieros. Cabe recordar que si  $\psi_n = 0$ , la oferta de crédito es perfectamente elástica, independientemente del patrimonio neto de los intermediarios financieros, mientras que en la medida que  $\psi_n$  crece, la fricción financiera se hace más intensa y la oferta de crédito depende positivamente del patrimonio neto de los intermediarios financieros. Como se muestra más adelante en las gráficas 4 y 5, el régimen de altas fricciones financieras, con  $\psi_{n,\xi_t^{ff}=1} = 1.98$ , da un papel importante a los factores financieros en la determinación macroeconómica; mientras el régimen de bajas fricciones financieras, con  $\psi_{n,\xi_t^{ff}=2} = 0.11$ , es cercano a un caso sin fricción, donde los factores financieros no determinan

Cuadro 3

**MEDIA, MODAS E INTERVALOS DE PROBABILIDAD POSTERIORES  
E INTERVALOS DE PROBABILIDAD PRIORS DE LOS PARÁMETROS  
DEL BLOQUE CONSTANTE**

<i>Parámetro</i>	<i>Densidad</i>	<i>Posterior</i>				<i>Prior</i>	
		<i>Media</i>	<i>Moda</i>	<i>10%</i>	<i>90%</i>	<i>10%</i>	<i>90%</i>
$\eta$	Gamma	1.4324	1.4633	1.1024	1.7624	1.2673	2.7526
$h$	Beta	0.6890	0.7014	0.6367	0.7412	0.5760	0.6687
$\psi_i$	Gamma	3.4380	3.2967	2.9914	3.8846	2.1857	4.3639
$l_p$	Beta	0.4118	0.4201	0.2103	0.6133	0.2752	0.5610
$l_w$	Beta	0.5109	0.5157	0.3987	0.6231	0.4085	0.6205
$\kappa_{pc}$	Beta	0.1000	0.0966	0.0014	0.1986	0.0104	0.1544
$\kappa_w$	Beta	0.0057	0.0054	0.0020	0.0093	0.0001	0.0004
$\rho_a$	Beta	0.9659	0.9412	0.9421	0.9898	0.9841	0.9997
$\rho_\mu$	Beta	0.8483	0.8364	0.7853	0.9112	0.8281	0.9122
$\rho_\phi$	Beta	0.9919	0.9871	0.9878	0.9960	0.9682	0.9963
$\rho_{mk}$	Beta	0.5312	0.5501	0.4302	0.6322	0.4945	0.8405
$\rho_w$	Beta	0.3798	0.3706	0.3556	0.4039	0.1036	0.3027
$\rho_m$	Beta	0.2240	0.2503	0.0516	0.3963	0.0646	0.2515
$\rho_m$	Beta	0.9126	0.9361	0.9316	0.9936	0.9212	0.9751

los resultados macroeconómicos. La matriz de transición ya tiene una probabilidad relativamente alta de cambio de régimen con una probabilidad de que las fricciones financieras pasen de altas a bajas  $H_{1,2}^{ff} = 21\%$  y una probabilidad de que las fricciones financieras pasen de bajas a altas  $H_{2,1}^{ff} = 20\%$ .

**Cuadro 4**

**MEDIAS, MODAS E INTERVALOS DE VEROSIMILITUD POSTERIORES Y MEDIAS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR PRIORS DE LOS PARÁMETROS DEL BLOQUE CAMBIANTE**

Parámetros y varianzas cambiantes y matrices de transición

Parámetro	Densidad	Posterior				Prior	
		Media	Moda	10%	90%	Media	Desviación estándar
$\Psi_{n,\xi_t^{ff}=1}$	Uniforme	1.9778	1.9928	1.6412	2.3143	1.00	0.50
$\Psi_{n,\xi_t^{ff}=2}$	Uniforme	0.1060	0.0870	0.0124	0.1996	1.00	0.50
$\tau_{\eta,\xi_t^{mp}=1}$	Normal	-1.1597	-1.2100	-1.2280	-1.0914	-1.00	0.50
$\tau_{\eta,\xi_t^{mp}=2}$	Normal	-0.2395	-0.3352	-0.3564	-0.1226	-0.50	0.50
$\rho_{R,\xi_t^{mp}=1}$	Beta	0.6507	0.8016	0.5401	0.7612	0.50	0.30
$\rho_{R,\xi_t^{mp}=2}$	Beta	0.7957	0.8016	0.7401	0.8512	0.50	0.30
$\tau_{\pi,\xi_t^{mp}=1}$	Normal	1.3659	1.2864	1.2813	1.4505	1.50	0.50
$\tau_{\pi,\xi_t^{mp}=2}$	Normal	1.7504	1.6697	1.6532	1.8477	1.50	0.50
$\tau_{y,\xi_t^{mp}=1}$	Normal	0.1330	0.1276	0.1123	0.1538	0.50	0.30
$\tau_{y,\xi_t^{mp}=2}$	Normal	0.0778	0.0771	0.0635	0.0921	0.50	0.30
$\sigma_{\phi,\xi_t^{vol}=1}$	Gamma inversa	7.5666	7.5643	6.1589	8.9712	0.50	1.00
$\sigma_{\phi,\xi_t^{vol}=2}$	Gamma inversa	4.0118	4.1237	3.1283	4.8953	0.50	1.00
$\sigma_{\phi,\xi_t^{vol}=3}$	Gamma inversa	3.8361	3.8928	3.0082	4.6640	0.50	1.00

Cuadro 4 (cont.)

Parámetro	Densidad	Posterior				Prior	
		Media	Moda	10%	90%	Media	Desviación estándar
$\sigma_{a,\xi_t^{vol}=1}$	Gamma inversa	0.7868	0.8025	0.7581	0.8154	0.50	1.00
$\sigma_{a,\xi_t^{vol}=2}$	Gamma inversa	0.6029	0.6087	0.5664	0.6394	0.50	1.00
$\sigma_{a,\xi_t^{vol}=3}$	Gamma inversa	0.4463	0.4314	0.3733	0.5192	0.50	1.00
$\sigma_{\mu,\xi_t^{vol}=1}$	Gamma inversa	7.6323	7.6133	7.6041	7.6604	0.50	1.00
$\sigma_{\mu,\xi_t^{vol}=2}$	Gamma inversa	4.3343	4.2359	4.0826	4.5860	0.50	1.00
$\sigma_{\mu,\xi_t^{vol}=3}$	Gamma inversa	2.1677	2.1365	2.0281	2.3072	0.50	1.00
$\sigma_{mp,\xi_t^{vol}=1}$	Gamma inversa	0.4639	0.3254	0.2815	0.6462	0.50	1.00
$\sigma_{mp,\xi_t^{vol}=2}$	Gamma inversa	0.1371	0.1282	0.0953	0.1789	0.50	1.00
$\sigma_{mp,\xi_t^{vol}=3}$	Gamma inversa	0.1100	0.1088	0.0944	0.1255	0.50	1.00
$\sigma_{mk,\xi_t^{vol}=1}$	Gamma inversa	0.4100	0.4068	0.3741	0.4459	0.50	1.00
$\sigma_{mk,\xi_t^{vol}=2}$	Gamma inversa	0.3119	0.3047	0.2826	0.3411	0.50	1.00
$\sigma_{mk,\xi_t^{vol}=3}$	Gamma inversa	0.2422	0.2389	0.2217	0.2627	0.50	1.00
$\sigma_k,\xi_t^{vol}=1$	Gamma inversa	1.1244	1.0900	1.0818	1.1670	0.50	1.00
$\sigma_k,\xi_t^{vol}=2$	Gamma inversa	0.5095	0.4953	0.4862	0.5327	0.50	1.00
$\sigma_k,\xi_t^{vol}=3$	Gamma inversa	0.4305	0.4257	0.3989	0.4621	0.50	1.00
$\sigma_m,\xi_t^{vol}=1$	Gamma inversa	0.2338	0.2223	0.2146	0.2530	0.50	1.00
$\sigma_m,\xi_t^{vol}=2$	Gamma inversa	0.0838	0.0793	0.0723	0.0953	0.50	1.00
$\sigma_m,\xi_t^{vol}=3$	Gamma inversa	0.0677	0.0635	0.0559	0.0795	0.50	1.00
$H_{1,2}^{f,f}$	Dirichlet	0.2072	0.2126	0.1803	0.2341	0.05	0.03

Cuadro 4 (cont.)

Parámetro	Densidad	Posterior				Prior	
		Media	Moda	10%	90%	Media	Desviación estándar
$H_{2,1}^{ff}$	Dirichlet	0.2003	0.1974	0.1696	0.2310	0.05	0.03
$H_{1,2}^{mp}$	Dirichlet	0.0850	0.0845	0.0719	0.0981	0.05	0.03
$H_{2,1}^{mp}$	Dirichlet	0.0374	0.0443	0.0216	0.0532	0.05	0.03
$H_{1,2}^{vol}$	Dirichlet	0.0144	0.0100	0.0053	0.0235	0.05	0.03
$H_{1,3}^{vol}$	Dirichlet	0.0697	0.0660	0.0560	0.0833	0.05	0.03
$H_{2,1}^{vol}$	Dirichlet	0.1719	0.1801	0.1528	0.1910	0.05	0.03
$H_{2,3}^{vol}$	Dirichlet	0.1907	0.1803	0.1697	0.2117	0.05	0.03
$H_{3,1}^{vol}$	Dirichlet	0.1728	0.1811	0.1459	0.1996	0.05	0.03
$H_{3,2}^{vol}$	Dirichlet	0.1776	0.1816	0.1569	0.1982	0.05	0.03

Nota: los *priors* reportados para las distribuciones de Dirichlet corresponden a las probabilidades de transición resultante de la respectiva combinación de hiperparámetros.

Con respecto a la política monetaria, cuando esta responde fuertemente a la prima por plazo,  $\xi_t^{mp}=1$ , la media posterior de la regla de política es

$$\ln(R_t) = 0.65 \ln(R_{t-1}) + (1 - 0.65) (1.37\pi_t + 0.13y_t^{gap} - 1.16tp_t);$$

mientras que para el régimen de respuesta baja,  $\xi_t^{mp} = 0$ , tenemos

$$\ln(R_t) = 0.80 \ln(R_{t-1}) + (1 - 0.80) (1.75\pi_t + 0.08y_t^{gap} - 0.24tp_t).$$

Como se muestra en las gráficas 4 y 5, las dinámicas del modelo son diferentes ya que la respuesta del banco central a la prima por plazo es más agresiva. Las reglas de política exhiben diferencias importantes entre regímenes en la persistencia de las tasas de interés y las ponderaciones relativas de la inflación y la brecha del producto. La matriz de transición tiene una probabilidad relativamente baja del cambio de régimen con una probabilidad del  $H_{1,2}^{mb} = 9\%$  de un cambio de alta a baja respuesta de la tasa de interés a la prima por plazo y sólo una probabilidad  $H_{2,1}^{mb} = 4\%$  de pasar de un régimen de respuesta de tasa de interés baja a alta.

Las desviaciones estándar de los siete choques incluidos en el modelo pueden cambiar entre los regímenes. Los regímenes de alta, media y volatilidad baja se clasifican por el tamaño de la desviación estándar  $\sigma_{\phi, \xi_t^{vol}}$  de los choques de crédito  $\varepsilon_{\phi, t}$ . Cabe recordar que este choque, al aumentar el diferencial de la tasa de interés, disminuye la actividad real. Además, para los siete choques, los intervalos de confianza al 90% de los regímenes de volatilidad alta son mayores que los de regímenes de volatilidad media, que a la vez son mayores que los de los regímenes de volatilidad baja.<sup>15</sup> Así, tenemos que la probabilidad de salir de un régimen de volatilidad alta a volatilidad mediana es  $H_{1,2}^{vol} = 1\%$ , y a volatilidad baja,  $H_{1,3}^{vol} = 7\%$ . La probabilidad de salir de un régimen de volatilidad mediana a volatilidad alta es  $H_{2,1}^{vol} = 17\%$ , y a volatilidad baja,  $H_{2,3}^{vol} = 19\%$ . Finalmente, la probabilidad de salir de un régimen de volatilidad baja a volatilidad alta es  $H_{3,1}^{vol} = 17\%$ , y a volatilidad media,  $H_{3,2}^{vol} = 18\%$ .

## 5.2 Funciones de respuesta al impulso

Esta subsección presenta las funciones de respuesta al impulso para un choque de una desviación estándar al crédito,  $\sigma_{\phi}$ , y a la política monetaria,  $\sigma_{mp}$ . Las gráficas que muestran la respuesta al impulso de un choque de una desviación estándar a la tecnología neutral,  $\sigma_a$ , específico de la inversión,  $\sigma_{\mu}$ , márgenes de precios,  $\sigma_{mk}$ , márgenes salariales,  $\sigma_w$ , y preferencia intertemporal,  $\sigma_m$ . Cada gráfica tiene doce líneas que describen las respuestas bajo las dos alternativas

<sup>15</sup> Las únicas excepciones son los intervalos de confianza del 90% para los regímenes de volatilidad mediana y baja para los choques de crédito y de política monetaria, los cuales exhiben cierto grado de superposición, pero las medias de volatilidad mediana son mayores que las de volatilidad baja.

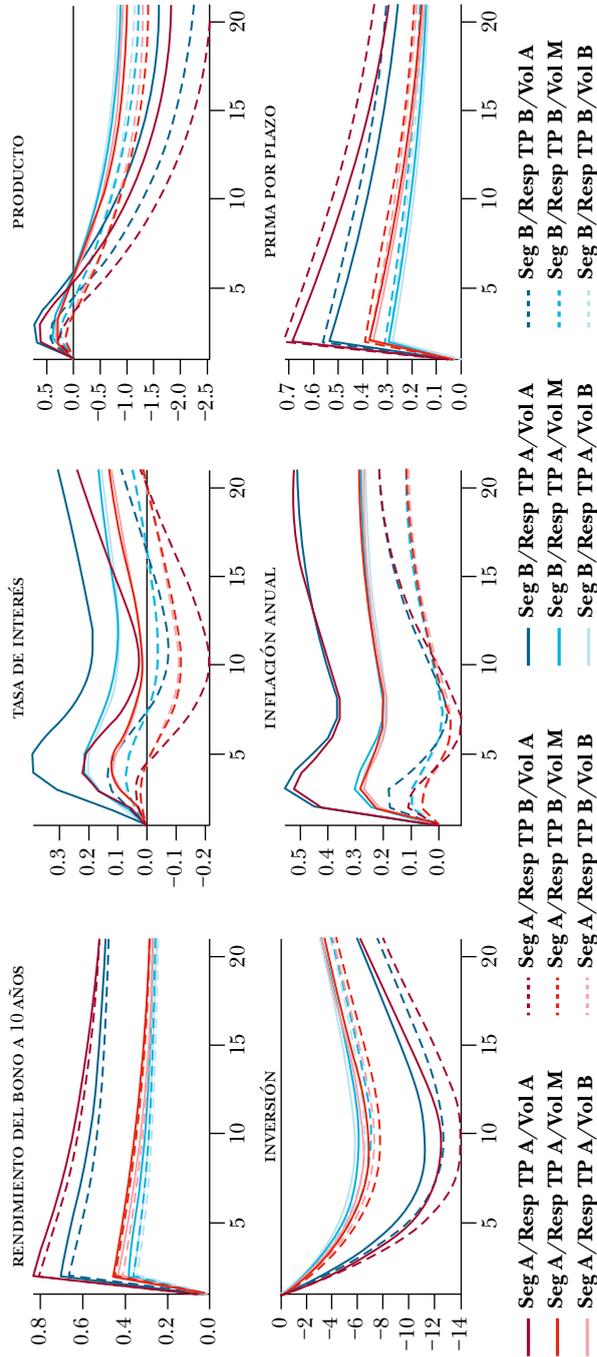
de fricción financiera (Seg A y Seg B), las dos respuestas de política monetaria a la prima por plazo (Resp TP A y Resp TP B), y los tres regímenes de volatilidad del choque de crédito (Vol A, Vol M y Vol B). Los regímenes de fricciones financieras altas se presentan en tonos de rojo, mientras que los de baja se presentan en tonos de azul. Los regímenes de alta respuesta de política monetaria se presentan en líneas sólidas, mientras que los de baja se presentan con líneas discontinuas. Los regímenes de volatilidad alta están en tonos oscuros, los de mediana en tonos medios y los de baja en tonos más claros.

La gráfica 4 muestra las funciones de respuesta al impulso de las variables seleccionadas ante un choque de crédito de una desviación estándar. Un aumento inesperado del choque de crédito incrementa el rendimiento de los bonos a 10 años y de la prima por plazo. Todo lo demás constante, el efecto de este choque sobre la prima por plazo es mayor si la economía está bajo un régimen de fricción financiera alta (colores rojos) o si la reacción de la tasa de interés a la respuesta a la prima por plazo es baja (líneas discontinuas). El financiamiento más costoso provoca una caída de la inversión, y el efecto es mayor si hay fricciones financieras altas (colores rojos) o si hay respuestas de tasa de interés bajas (líneas discontinuas). A pesar del crecimiento transitorio del producto, a la larga cae y esta baja es mayor cuando las fricciones financieras son altas (colores rojos) y cuando las respuestas de tasa de interés son bajas (líneas discontinuas). La inflación y las tasas de interés nominal aumentan más ante fricciones financieras bajas (colores azules) y respuestas de tasa de interés altas (líneas sólidas). Sin duda, a mayor volatilidad del choque (colores más oscuros), mayor amplificación de las respuestas.

La gráfica 5 muestra las funciones de respuesta al impulso de las variables seleccionadas ante un choque de política monetaria de una desviación estándar. El aumento no esperado provoca que la inversión, el producto y la inflación disminuyan, con caídas mayores cuando la política monetaria tiene una elasticidad de la tasa de interés de la prima por plazo baja (líneas discontinuas). El aumento de la prima por plazo es más alto cuando hay fricciones financieras (colores rojos) y cuando la respuesta de la tasa de interés es baja (líneas discontinuas).

Gráfica 4

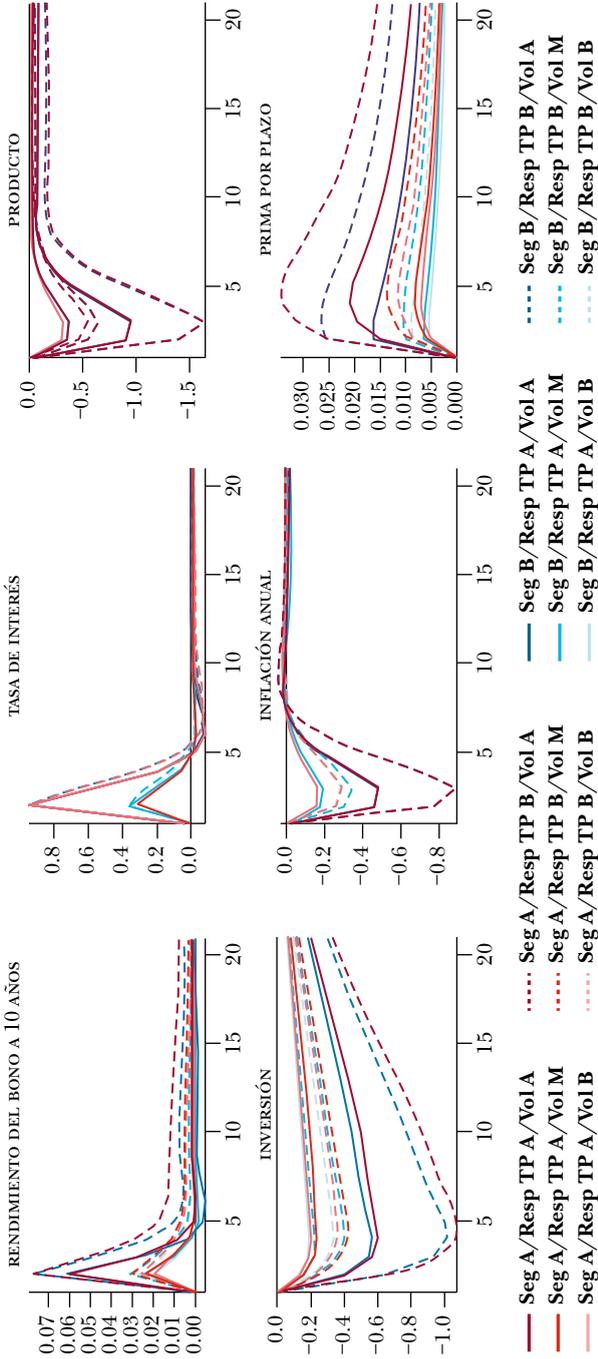
FUNCIONES DE RESPUESTA AL IMPULSO DEL MODELO MS-DSGE A UN CHOQUE DE CRÉDITO DE UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR  
BAJO REGÍMENES ALTERNOS DE FRICCIONES FINANCIERAS, POLÍTICA MONETARIA Y VOLATILIDAD



Nota: los regímenes de fricción financiera alta se presentan en colores rojos, en tanto, los de fricción financiera baja, en azules. Los regímenes de respuesta de política monetaria alta se describen en las líneas continuas y los de baja, en las líneas discontinuas. Mientras más alta es la volatilidad de los regímenes que se muestran más oscuro es color que se usa, y al contrario, cuando la volatilidad es baja, el color es más claro.

Gráfica 5

FUNCIONES DE RESPUESTA AL IMPULSO DEL MOD. MS-DSGE A UN CHOQUE DE POLÍTICA MONETARIA DE UNA DESV. ESTÁNDAR CON RÉGIMENES ALTERNOS DE FRICCIONES MONETARIAS, POLÍTICA MONETARIA Y VOLATILIDAD: PROBABILIDADES ATENUADAS



Nota: los regímenes de fricción financiera alta se presentan en colores rojos, en tanto, los de fricción financiera baja, en azules. Los regímenes de respuesta de política monetaria alta se describen en las líneas continuas y los de baja, en las líneas discontinuas. Mientras más alta es la volatilidad de los regímenes que se muestran más oscuro es color que se usa, y al contrario, cuando la volatilidad es baja, el color es más claro.

### 5.3 Probabilidades de regímenes

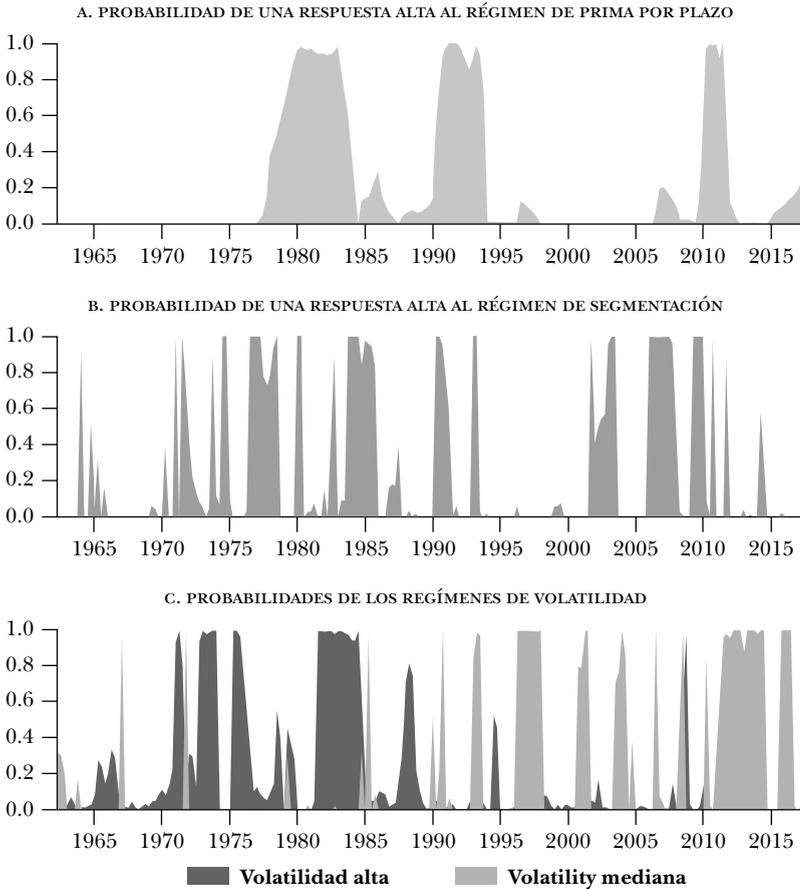
La estimación nos brinda las probabilidades de fricciones financieras altas o bajas y de la respuesta de política monetaria a los regímenes de prima por plazo. La gráfica 6 muestra las probabilidades atenuadas para cada régimen. La estimación bayesiana de máxima verosimilitud del modelo MS-DSGE identifica 59 trimestres (27% de la muestra que abarca desde 1962t1 a 2017t4) cuando las fricciones financieras, medidas por los costos de ajuste de carteras de los intermediarios financieros a su patrimonio neto, tienen una gran probabilidad de ser altas en los siguientes intervalos relevantes: 1971t1-1971t4, 1976t-1978t3, 1983t4-1985t4, 1990t2-1991t2, 2002t3-2003t3, 2006t1-2008t1 y 2009t2-2010t1. Asimismo, hay 43 trimestres en los cuales la respuesta de la tasa de interés a la prima por plazo se estima alta en los siguientes intervalos: 1978t4-1983t4, 1990t2-1993t4 y 2010t1-2011t4. Además, la estimación del modelo MS-DSGE tiene 34 trimestres de mayor probabilidad de volatilidad por choques de crédito alta, 46 trimestres (20.6%) con mayor probabilidad de volatilidad por choques de crédito mediana y 142 trimestres (64%) con mayor probabilidad de volatilidad baja por choques de crédito. En la subsección 5.4 de análisis contrafáctico, ofrecemos una narrativa histórica de lo más representativo de estos episodios de cambio de régimen.

Si se compara el MS-VAR y MS-DSGE, hay 17 trimestres (8%) donde la tensión de la varianza es alta, así como es la volatilidad de choques de crédito; 24 trimestres (11%) donde tanto la tensión de la varianza como la volatilidad de choques de crédito es mediana; y 99 trimestres (45%) donde tanto la tensión de la varianza como la volatilidad de choques de crédito es baja. Sin embargo, como se observa en la gráfica 7, la intersección de los dos modelos produce 43 trimestres (20%) que se identifican al mismo tiempo con tensión de la varianza mediana o alta y con volatilidad de choques de crédito media o alta. Estos trimestres son 1971t1, 1973t2-1974t1, 1975t2 y t3, 1981t3-1983t4, 1993t2, 1996t4-1997t1, 1997t4-1981t1, 2003t3, 2004t1 y t2, 2008t3 y t4, 2011t3-2014t3, 2015t4, y 2016t2 y t3.

En la próxima subsección repasamos los episodios más relevantes.

Gráfica 6

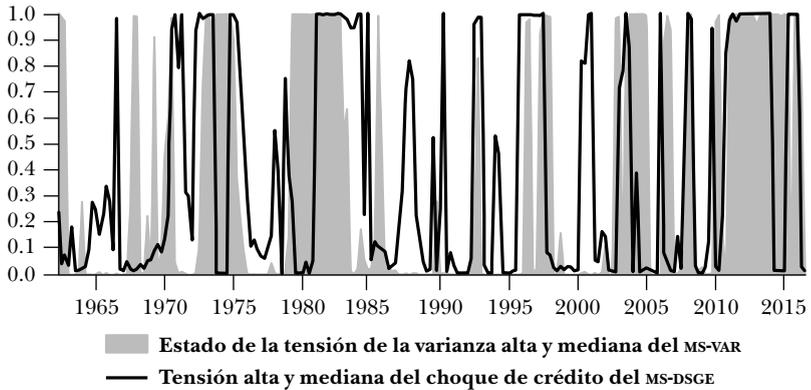
**PROBABILIDADES DEL RÉGIMEN DEL MODELO MS-DSGE  
EN EL MODO POSTERIOR**



Notas: el panel A muestra la probabilidad de una respuesta alta al régimen de prima por plazo; el panel B, la probabilidad de un régimen de segmentación alto; y el panel C, las probabilidades de regímenes de volatilidad alta y mediana.

Gráfica 7

**COMPARACIÓN DE LOS ESTADOS DE FRICCIONES ALTA Y MEDIANA DEL MS-VAR, Y DE LAS VOLATILIDADES ALTA Y MEDIANA DE LOS CHOQUES DE CRÉDITO DEL MS-DSGE**



Nota: el área gris señala las probabilidades de la tensión del régimen de la varianza alta y mediana (como una suma) para el modelo MS-VAR. La línea negra señala las probabilidades del régimen de la varianza alta y mediana (como una suma) para el modelo MS-DSGE.

#### 5.4 Análisis contrafáctico

Para explorar las características del modelo MS-DSGE con múltiples parámetros y regímenes de varianza, en este ejercicio generamos series contrafácticas basadas en simulaciones de proyecciones condicionales. En particular, este análisis permite obtener una idea de lo que podría haber sucedido si las fricciones financieras, los regímenes de política monetaria y los regímenes de volatilidad hubiesen permanecido constantes, una a la vez, en cada uno de los seis episodios seleccionados.

A continuación, examinamos dos bloques de ejercicios de simulación contrafáctica cuando las fricciones financieras, los choques de crédito financiero o ambos se estimaron como altos o medianos; estos se muestran cronológicamente en las gráficas 8 a 13. Las gráficas 9, 10 y 13 corresponden a los tres episodios en los cuales la posición de política monetaria respondió a la prima por plazo en los intervalos 1978t4-1983t4, 1990t2-1993t4, y 2010t1-2011t4, respectivamente. Mientras tanto, las gráficas 8, 11, y 12 son tres episodios en

los cuales la respuesta de la tasa de interés a la prima por plazo fue baja. Estos episodios corresponden a los intervalos: 1971t1-1978t3, 2000t4-2004t4, y 2006t1-2009t4, respectivamente. Para complementar tal evidencia, el cuadro 5 reporta la media y la desviación estándar de cada variable, en desviación del estado estacionario, bajo contrafácticos alternos para los episodios analizados.

Las gráficas de los ejercicios contrafácticos muestran trayectorias alternas donde solo una característica del régimen cambiante puede variar, mientras todo el resto se mantiene constante. Las líneas rojas comparan el resultado contrafáctico según el grado de fricciones financieras: cuando se dibujan sólidas muestran la evolución potencial de las variables ante la alta segmentación del mercado de crédito, mientras que las discontinuas reflejan la evolución potencial para el caso de fricciones financieras bajas. Las líneas verdes comparan el resultado contrafáctico según la respuesta de política monetaria a la prima por plazo: si las líneas son sólidas muestran el caso de respuesta de política alta y si son discontinuas, la respuesta es baja. Las líneas azules comparan el resultado contrafáctico de distintos grados de volatilidad de choques de crédito: en el caso de las líneas sólidas se observa el comportamiento hipotético bajo volatilidad alta; de las discontinuas, el de volatilidad media; y de las punteadas, el de volatilidad baja durante el periodo analizado. La línea sólida de color negro representa los datos desviados con respecto del estado estacionario. Cada gráfica presenta cuatro trimestres antes del cambio de régimen, y condiciona la quinta observación que corresponde al primer trimestre del episodio (por ejemplo, 1971t1 o 1978t4) a que sea la misma y luego se permite que las proyecciones condicionales difieran para cada caso, por ejemplo, fricciones financieras altas cuando se usan otras matrices de transición estimadas para la respuesta de política monetaria y volatilidad de choques. En nuestro intento por determinar el papel de cada régimen específico, aislamos los efectos de las diversas fuentes de cambio de régimen en el modelo.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Siguiendo a Sims y Zha (2006) y a Bianchi y Ilut (2017), para aislar los efectos de los cambios en los mecanismos de fricciones financieras o las reglas de política monetaria, removemos los choques de crédito y de política monetaria en las respectivas simulaciones. Para los ejercicios contrafácticos que analizan los cambios en la política monetaria removemos el choque de la regla de Taylor y conservamos las otras secuencias de los choques sin alteraciones; mientras que para los

Cuadro 5

**MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LAS VARIABLES POR PERIODO**

Periodo	Variable	MP		Segmentación		Volatilidades			Datos	
		Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Medio	Bajo		
1971t1-1978t3	Prima por plazo	M	0.23	0.14	0.02	0.22	-0.07	-0.14	0.02	0.06
		SD	0.29	0.40	0.47	0.20	0.58	0.34	0.24	0.41
	Tasa de interés	M	0.85	1.29	1.43	0.58	1.78	0.93	0.71	1.28
		SD	1.52	1.57	1.37	1.37	1.99	1.13	0.73	1.23
	Crecimiento del PIB	M	0.23	0.37	0.05	0.37	1.45	-0.01	0.49	0.24
		SD	5.23	6.39	6.31	5.97	6.78	4.71	5.26	4.56
	Tasa de interés	M	2.03	2.60	3.02	1.86	3.71	2.86	2.49	2.65
		SD	2.43	2.64	2.64	2.11	3.21	2.53	1.96	2.37
1978t4-1983t4	Prima por plazo	M	-0.14	-0.64	-0.29	-0.10	-0.40	-0.21	-0.13	-0.10
		SD	0.50	0.53	0.37	0.49	0.73	0.37	0.31	0.50
	Tasa de interés	M	6.14	7.91	7.21	6.04	9.04	6.72	5.85	5.75
		SD	1.79	2.40	1.92	2.17	2.42	2.12	2.23	2.72
	Crecimiento del PIB	M	-1.10	-2.84	-1.76	-1.37	-1.21	-1.21	-0.73	-0.59
		SD	5.48	4.79	5.53	6.48	7.26	4.56	3.40	5.14
	Tasa de interés	M	4.34	5.44	3.82	4.13	5.28	4.01	2.52	3.89
		SD	1.82	2.41	2.96	2.75	1.99	1.65	2.45	2.32

Cuadro 5 (cont.)

Periodo	Variable	MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LAS VARIABLES POR PERIODO											
		MP		Segmentación		Volatilidades			Datos				
		Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Medio	Bajo					
1990t2-1993t4	Prima por plazo	M	0.22	0.52	-0.01	0.32	0.24	0.17	0.08	0.01			
		SD	0.48	0.76	0.40	0.60	0.55	0.43	0.36	0.64			
	Tasa de interés	M	0.15	-1.60	-0.35	0.52	0.09	0.36	0.94	0.85			
		SD	1.67	2.93	2.17	1.32	2.02	1.65	1.33	2.08			
	Crecimiento del PIB	M	-0.10	-0.16	-0.23	-0.16	-2.01	-1.08	-1.05	-0.84			
		SD	2.53	5.26	3.26	4.42	4.42	2.51	3.56	2.11			
Tasa de interés	M	-0.28	-1.16	-1.03	-0.23	-1.58	-0.02	-0.36	-0.08				
	SD	1.32	1.78	1.71	0.86	2.46	1.13	1.28	1.21				
2000t4-2004t2	Prima por plazo	M	-0.22	-0.17	-0.09	-0.10	0.55	-0.14	-0.06	0.24			
		SD	0.39	0.37	0.32	0.26	0.73	0.33	0.45	0.50			
	Tasa de interés	M	-1.93	-2.38	-2.20	-1.89	-4.84	-1.52	-1.50	-1.87			
		SD	1.42	1.75	1.53	1.28	3.30	1.33	1.92	1.95			
	Crecimiento del PIB	M	-1.87	-1.64	-1.51	-1.23	-1.24	-0.76	-0.77	-0.27			
		SD	4.85	4.23	3.29	3.41	5.94	2.88	3.33	2.47			
Tasa de interés	M	-0.54	-2.32	-1.85	-1.43	-3.03	-1.01	-0.10	-1.35				
	SD	1.62	1.19	1.48	1.69	1.96	0.93	1.39	0.92				

2006t1-2009t4	Prima por plazo		M	-0.27	-0.21	-0.30	-0.31	-0.23	-0.26	-0.37	-0.26
			SD	0.40	0.55	0.62	0.55	0.75	0.56	0.41	0.62
	Tasa de interés		M	-0.76	-2.24	-1.19	0.10	-0.57	-1.09	-1.59	-2.07
			SD	1.59	2.03	2.84	1.27	1.52	0.78	0.90	1.71
	Crecimiento del PIB		M	-3.39	-2.72	-2.81	-1.40	-2.60	-1.82	-1.75	-2.16
			SD	4.23	4.57	3.50	2.11	4.47	1.65	2.60	3.28
	Tasa de interés		M	-1.18	-0.73	-0.99	-0.33	-1.44	-1.14	-1.22	-1.14
			SD	1.66	2.86	2.28	1.80	4.02	1.38	1.26	2.40
2010t1-2011t4	Prima por plazo		M	0.40	0.88	0.49	0.40	0.42	0.52	0.43	0.55
			SD	0.39	0.30	0.31	0.19	0.65	0.34	0.35	0.33
	Tasa de interés		M	-5.53	-5.70	-5.16	-5.03	-5.73	-4.99	-4.93	-4.98
			SD	0.74	0.40	0.25	0.58	0.45	0.11	0.11	0.23
	Crecimiento del PIB		M	-0.97	-1.49	-0.38	0.69	-1.34	-1.29	-0.08	-2.70
			SD	2.99	2.63	2.23	1.26	3.00	1.85	1.91	3.72
	Tasa de inflación		M	-2.31	-3.34	-2.11	-2.05	-0.97	-1.33	-1.32	-2.21
			SD	0.98	1.42	1.04	1.03	1.76	0.90	0.76	2.55

Nota: este cuadro reporta la media y la desviación estándar de cada variable, en desviaciones del estado estacionario, bajo las alternativas contrafácticas para los episodios analizados.

Desde el inicio de nuestra muestra en 1962t2 y hasta 1971t1, la estimación asigna probabilidad alta de una segmentación del mercado de crédito baja [ $\psi_{n,\xi_t^{ff}} = 0.11$  (0.01, 0.20)] y un régimen de volatilidad baja por choques de crédito [ $\sigma_{\phi,\xi_t^{vol}} = 3.83$  (3.00, 4.67)].<sup>17</sup> Esto a pesar de la contracción del crédito de 1966 y de los gastos derivados de la guerra de Vietnam en que incurrió el gobierno, y de la política monetaria más ajustada en 1967t3 y 1968t3, y de que según el Comité de Fechas de los Ciclos Económicos de la Oficina Nacional de Investigación Económica (NBER) hubo una contracción económica de 1969t4 a 1970t4. Durante este periodo, la estimación asigna una probabilidad alta a la respuesta de la tasa de interés a la prima por plazo baja [ $\tau_{tp,\xi_t^{mp}} = -0.24$  (-0.36, -0.12)]. Dado que hay poca evidencia de cambio de régimen de fricciones financieras o de la respuesta de política monetaria durante el periodo 1962t2-1971t1, no realizamos un ejercicio contrafáctico para el mismo.

En contraste, en los 31 trimestres desde 1971t1 a 1978t3, nuestra estimación identifica 15 trimestres con probabilidad alta de segmentación del mercado de crédito [ $\psi_{n,\xi_t^{ff}} = 1.98$  con un intervalo de probabilidad del 90% en (1.64, 2.31)] y 14 trimestres de probabilidad alta de varianza del choque de crédito alta [ $\sigma_{\phi,\xi_t^{vol}} = 7.57$  (6.16, 8.97)]. A pesar de estos factores financieros, en todo este periodo la estimación no ofrece evidencia de una respuesta de la tasa de interés a la prima por plazo alta aun con el aumento de tasas de la Reserva Federal en 1971t3 y 1972t1 para contrarrestar la inflación. Es importante recordar que, durante este periodo, Richard Nixon canceló unilateralmente la convertibilidad internacional del dólar estadounidense a oro en 1971t3; la economía mundial se enfrentó al choque de petróleo de 1973t3 debido al embargo de la Organización de Países Exportadores de Petróleo; y el gobierno estadounidense tuvo déficits debido a la guerra de Vietnam y a los programas para la creación de una gran sociedad del presidente Lyndon Johnson.

---

ejercicios contrafácticos que examinan los efectos de los cambios de segmentación, removemos el choque de crédito y mantenemos otra secuencia de choques sin cambios. Para los ejercicios contrafácticos que simulan la prevalencia de los tres choques de volatilidad, toda la secuencia de choques se mantiene invariable.

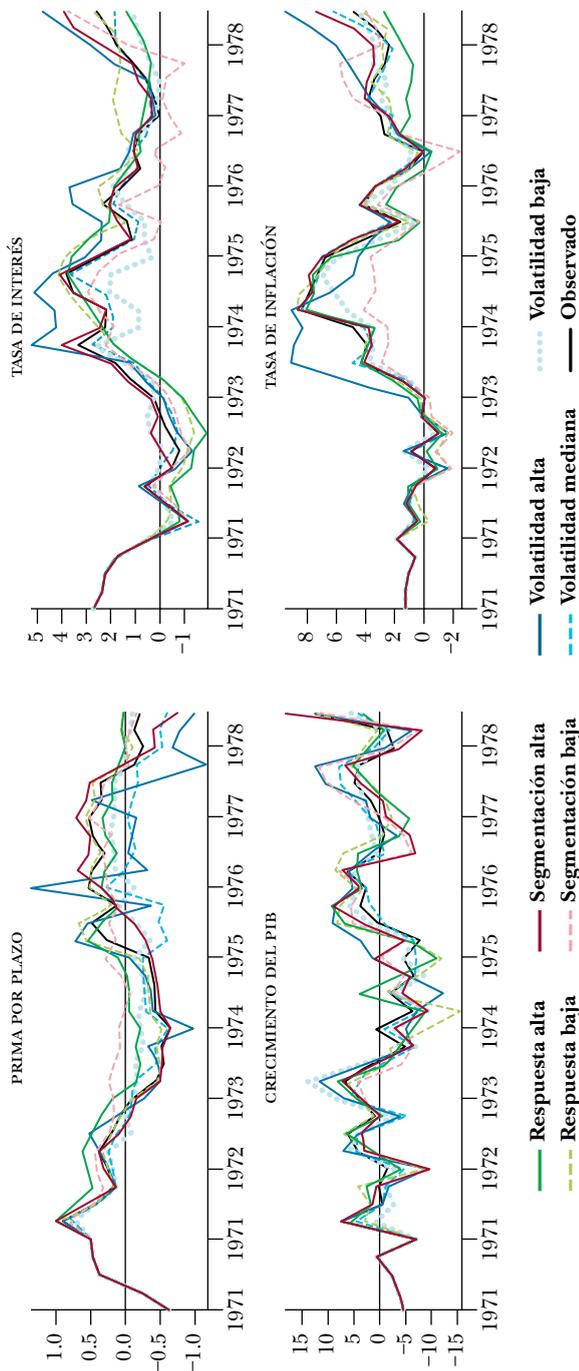
<sup>17</sup> Las únicas excepciones son 1964t1 y t4 cuando la probabilidad de que la segmentación del mercado de crédito fuera alta fue igualmente alta, y 1967t1 cuando la probabilidad de que la varianza del choque de crédito fuera mediana fue alta [ $\sigma_{\phi,\xi_t^{vol}} = 4.01$  (3.13, 4.90)].

También, según el Comité de la NBER, hubo contracción económica de 1973t4 a 1975t1.

La gráfica 8 muestra el primer ejercicio contrafáctico enfocado en estos episodios cuando existió probabilidad alta de cambios de régimen relacionados con fricciones financieras y volatilidad de choques. En 1971t1, la prima por plazo estuvo por encima de su nivel de estado estacionario, las tasas de interés cayeron de 8.98% en diciembre de 1970 a 3.72% en febrero de 1971, el crecimiento del PIB fue inferior al de estado estacionario y la inflación fue más baja, pero por encima de la de estado estacionario. En comparación con los efectos de las fricciones financieras, la línea sólida roja de la segmentación del mercado de crédito alta explica de forma parcial el porqué de la caída de la prima por plazo tan marcada, del aumento de la inflación y de las tasas de interés y de la caída de la producción en relación con la línea discontinua roja de baja segmentación del mercado de crédito donde si la prima por plazo hubiese estado más cercana a la de estado estacionario, tanto el aumento de la inflación como de las tasas de interés habrían sido menores, y el crecimiento del producto habría sido mayor que en los datos. Obviamente, hubo otros factores nacionales y externos importantes que afectaron a la economía, pero estos factores habrían estado presentes independientemente del grado de fricción financiera. La cita de Bernanke al inicio de este capítulo se refiere a los efectos peligrosos de las desviaciones persistentes de la prima por plazo de su valor de estado estacionario; aquí vemos que la alta segmentación del mercado de crédito provocó que estas desviaciones fueran más grandes y más persistentes. ¿Qué habría sucedido si la autoridad monetaria hubiese respondido más agresivamente a la prima por plazo (líneas verdes: sólidas contra discontinuas)? Las tasas de interés habrían permanecido más bajas durante todo el episodio y si bien la inflación habría sido ligeramente más alta hasta 1973t2, para el resto de la muestra (1973t3-1978t3) habría promediado un 1% menos que con un 100% de probabilidad de respuesta alta y un 1.2% por debajo de los datos. La compensación por la significativa reducción de la inflación es que el crecimiento del producto podría haber sido un 0.5% inferior. Si los choques de volatilidad hubieran sido menores (líneas azules discontinuas), la inflación y la tasa de interés menores y menos volátiles, mientras que el crecimiento promedio del producto habría sido superior que según los datos.

Gráfica 8

SIMULACIÓN CONTRAFÁCTICA DE 1971T1 A 1978T3



Nota: para los contrafácticos, las líneas verdes continúan simulando las series para el escenario de respuesta alta a la prima por plazo, mientras que las discontinuas, el escenario de respuesta baja a la prima. Las líneas rojas continúan simulando las series para el escenario de segmentación alta, mientras que las discontinuas, el escenario de segmentación baja. En el caso de las líneas azules, estas simulan las series para los escenarios de volatilidad alta (línea sólida), mediana (línea discontinua) y baja (línea de puntos). La línea en negro muestra los valores observados de las series.

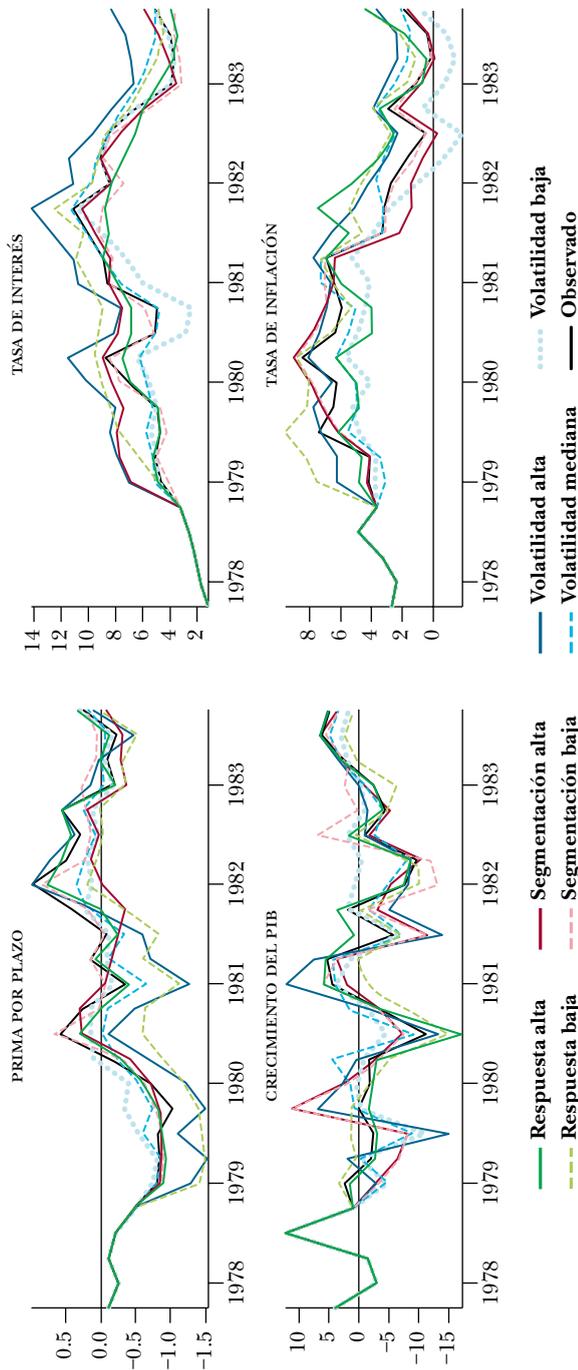
La gráfica 9 muestra la primera vez cuando nuestra estimación asigna una probabilidad alta a una respuesta de la tasa de interés a la prima por plazo alta [ $\tau_{tp,\xi^{mp}=1} = -1.16$  (-1.20, -1.10)] de 1978t4 a 1983t4. En este episodio, la estimación asigna una probabilidad alta de segmentación del mercado de crédito alta en 1980t1 y t2, 1982t3 y t4, y 1983t4. Mientras tanto, la estimación asigna una probabilidad alta a una volatilidad de choque de crédito alta de 1981t3 a 1984t4. Con el aumento de la inflación y de las tasas de interés durante finales de los setenta e inicios de los ochenta, las instituciones de ahorro y crédito que tenían reguladas las tasas de interés máximas que podían pagar a los depositantes vieron su base de financiamiento erosionada, mientras que el interés a tasa fija que ganaron en sus hipotecas representó grandes pérdidas por valoración en sus activos. A pesar de la Ley de Desregulación de las Instituciones Financieras y de Control Monetario de 1980, que provocó la desregulación de la industria, esta resultó insuficiente y a la postre resultó necesario el rescate financiero por parte de los contribuyentes.

La respuesta de la tasa de interés a la prima por plazo alta, que de acuerdo con la estimación comenzó tres trimestres antes de que Paul Volcker fuera designado como presidente de la Reserva Federal, llegó cuando la prima por plazo estaba por debajo de la de estado estacionario, la inflación era relativamente alta y estaba creciendo, las tasas de interés también crecían y el PIB estaba por encima de la tendencia. En 1979t4 hubo un choque de oferta del petróleo negativo relacionado con la guerra entre Irak e Irán. El Comité de la NBER identifica dos recesiones en este episodio, de 1980t1 a 1980t3 y de 1981t3 a 1982t4.

¿Qué habría sucedido si la respuesta de la tasa de interés no se hubiera modificado (línea verde discontinua) en relación con un cambio de régimen completamente creíble de política monetaria (línea sólida verde)? Con una respuesta de la tasa de interés baja, la prima por plazo habría sido muy inferior desviándose del estado estacionario hasta 1982t1, el PIB se habría expandido, pero a costa de una inflación mucho más alta, lo cual finalmente habría requerido mayores tasas de interés. Mientras tanto, si la volatilidad del choque de crédito hubiera sido inferior (línea azul discontinua), la prima por plazo habría sido más cercana a su valor de estado estacionario, con inflación más baja y tasas de interés sin excesivas fluctuaciones del PIB.

Gráfica 9

SIMULACIÓN CONTRAFÁCTICA DE 1978T4 A 1983T4



Nota: para los contrafácticos, las líneas verdes continuas simulan las series para el escenario de respuesta alta a la prima por plazo, mientras que las discontinuas, el escenario de respuesta baja a la prima. Las líneas rojas continuas simulan las series para el escenario de segmentación alta, mientras que las discontinuas, el escenario de segmentación baja. En el caso de las líneas azules, estas simulan las series para los escenarios de volatilidad alta (línea sólida), mediana (línea discontinua) y baja (línea de puntos). La línea en negro muestra los valores observados de las series.

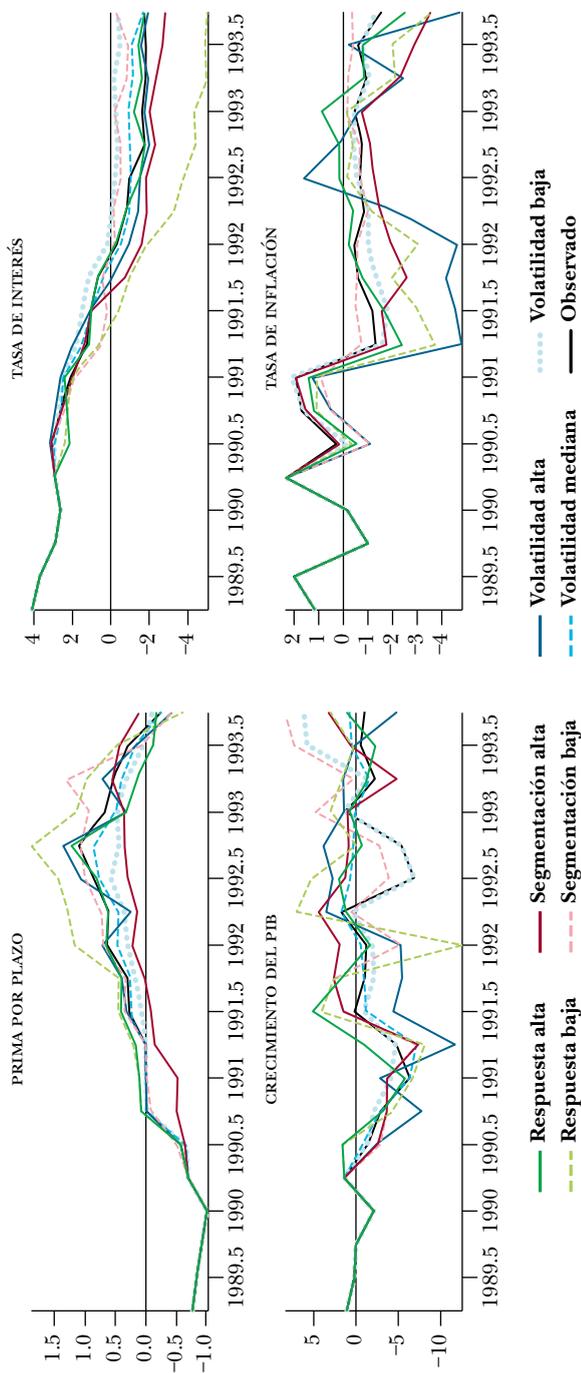
La gráfica 10 muestra el ejercicio contrafáctico para nuestro próximo episodio analizado, 1990t2 a 1993t4, cuando la respuesta de la tasa de interés a la prima por plazo se estima también alta con probabilidad alta. Comenzando en 1990t3, el Comité de Operaciones de Mercado Abierto de la Reserva Federal bajó las tasas de interés de un 8.25% a un 4% para fines de 1991 y a un 3% para 1992t3. Mientras tanto, el Comité del NBER marcó una contracción de 1990t3 a 1991t1.

La estimación asigna una probabilidad alta de fricciones financieras altas de 1990t2 a 1991t2 y en 1993t1 y t2, mientras que la volatilidad del choque de crédito tiene una probabilidad alta de ser de magnitud mediana en 1990t4 y de 1993t1 a 1993t3. La Corporación Federal de Seguro de Depósitos (FDIC) experimentó una mejora después de que el presidente George H. W. Bush diera respuesta a los problemas de las industrias bancarias y del ahorro originados dos decenios antes. Para fines de 1991, casi 1,300 bancos comerciales quebraron o requirieron asistencia de la FDIC provocando su grave descapitalización. Las principales disposiciones generales de la ley de mejora de la FDIC, aplicadas en 1994, incluyeron una *inmediata acción correctiva y resoluciones menos costosas*. A este proceso le siguió la ley Riegle-Neal de septiembre de 1994 que permitió a los bancos la creación de sucursales tanto intraestatales como interestatales.

En este episodio, la prima por plazo estaba por debajo de su valor de estado estacionario, pero subió rápidamente. Una respuesta baja a la prima por plazo (línea verde discontinua) habría implicado un recorte abrupto de las tasas de interés y una recesión más profunda, si bien una respuesta de política completamente creíble y alta (línea verde sólida) habría recortado menos las tasas de interés, pero más pronto, y podría haber acortado y mitigado la recesión. De acuerdo con la respuesta de política baja, la prima por plazo habría alcanzado su máximo y podría haber habido una inmensa contracción económica en 1992t1. Con respecto a las fricciones financieras, llama la atención que con mayor segmentación del mercado de crédito (línea sólida roja), la prima por plazo habría aumentado menos, las tasas de interés habrían caído más desde 1990t3 y la recuperación del crecimiento del PIB habría sido fuerte hasta 1993t1 cuando las fricciones financieras altas observadas arrastraron el crecimiento del PIB. La volatilidad baja de los choques (línea discontinua azul) habría implicado una prima por plazo más baja, y la recesión hubiera sido menor a pesar de los recortes de la tasa de interés menos agresivos,

Gráfica 10

SIMULACIÓN CONTRAFÁCTICA DE 1990T2 A 1993T4



Nota: para los contrafácticos, las líneas verdes continúan simulando las series para el escenario de respuesta alta a la prima por plazo, mientras que las discontinuas, el escenario de respuesta baja a la prima. Las líneas rojas continúan simulando las series para el escenario de segmentación alta, mientras que las discontinuas, el escenario de segmentación baja. En el caso de las líneas azules, estas simulan las series para los escenarios de volatilidad alta (línea sólida), mediana (línea discontinua) y baja (línea de puntos). La línea en negro muestra los valores observados de las series.

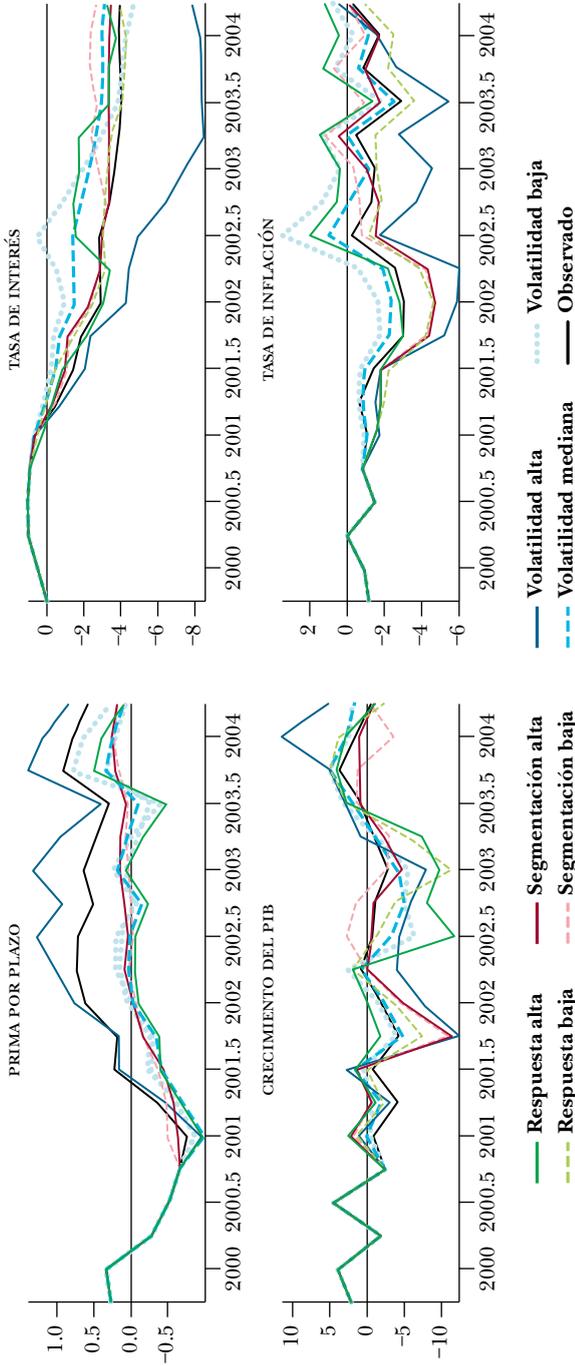
mientras que la volatilidad alta (línea azul sólida) hubiera causado una prima por plazo mayor y una recesión más profunda.

La gráfica 11 muestra que el ejercicio contrafáctico para nuestro próximo episodio analizado es 2000t4 a 2004t2, donde hay probabilidad alta de volatilidad media del choque de crédito de 2000t4 a 2001t3 y de 2003t3 a 2004t2, y de fricciones financieras altas en 2001t4 y de 2002t3 a 2003t3. Es importante mencionar que en 1999t4 el presidente Bill Clinton promulgó la ley de modernización de servicios financieros, conocida como la ley Gramm-Leach-Bliley. Esta ley repelió la ley Glass-Steagall y otorgó nuevos poderes de supervisión a la Reserva Federal. Con esta legislación, se intentaron promover los beneficios de la integración financiera para consumidores e inversionistas, y al mismo tiempo salvaguardar la fortaleza de los sistemas bancarios y financieros. A partir de ese momento la banca comercial y la de inversión, separadas desde 1933, no tendrían restricciones para integrarse entre sí, lo que facilitó la creación de grupos financieros de sociedades de cartera (Mahon, 2013). El caso más emblemático fue la fusión y adquisición de Travelers Group con Citicorp, formando lo que hoy se conoce como Citigroup. En este período, la Reserva Federal desempeñó también un papel activo como supervisor de las sociedades de cartera financieras (FHC). La Reserva Federal realiza la supervisión consolidada de estos grupos según los informes y la supervisión de las autoridades estatales y federales responsables de las subsidiarias de las FHC asumiendo el papel de supervisor general coordinador. Esta necesidad surgió porque el riesgo de las grandes FHC estaba disperso entre sus subsidiarias, pero estas se administraban como una entidad consolidada.

En este episodio existe probabilidad baja de una respuesta de política monetaria a la prima por plazo alta. El Comité de la NBER marca una contracción desde 2001t1 a 2001t4 y a partir de enero de 2001, el Comité de Operaciones de Mercado Abierto recortó las tasas de interés 11 veces en ese año, de un 6.5% a un 1.75%. Al comparar las líneas verdes, vemos que una tasa de política monetaria más responsiva que hubiera bajado más abruptamente las tasas de interés, se habría provocado una prima por plazo más baja y podría haber demorado la contracción del producto hasta 2002t3; sin embargo, la contracción podría haber terminado siendo más profunda, mientras que la inflación podría haber sido mayor. La línea roja discontinua ofrece pruebas de que, si las fricciones financieras altas no hubieran estado presentes, la economía habría tenido una

Gráfica 11

SIMULACIÓN CONTRAFÁCTICA DE 2000T4 A 2004T2



Nota: para los contrafácticos, las líneas verdes continúan simulando las series para el escenario de respuesta alta a la prima por plazo, mientras que las discontinuas, el escenario de respuesta baja a la prima. Las líneas rojas continúan simulando las series para el escenario de segmentación alta, mientras que las discontinuas, el escenario de segmentación baja. En el caso de las líneas azules, estas simulan las series para los escenarios de volatilidad alta (línea sólida), mediana (línea discontinua) y baja (línea de puntos). La línea en negro muestra los valores observados de las series.

recuperación más fuerte desde 2002t3. La línea sólida azul muestra que, si los choques hubiesen sido altos, la economía habría pasado un ciclo mucho más volátil con una prima por plazo más alta, tasas de interés mucho más bajas, mayor contracción del producto e inclusive una deflación prolongada.

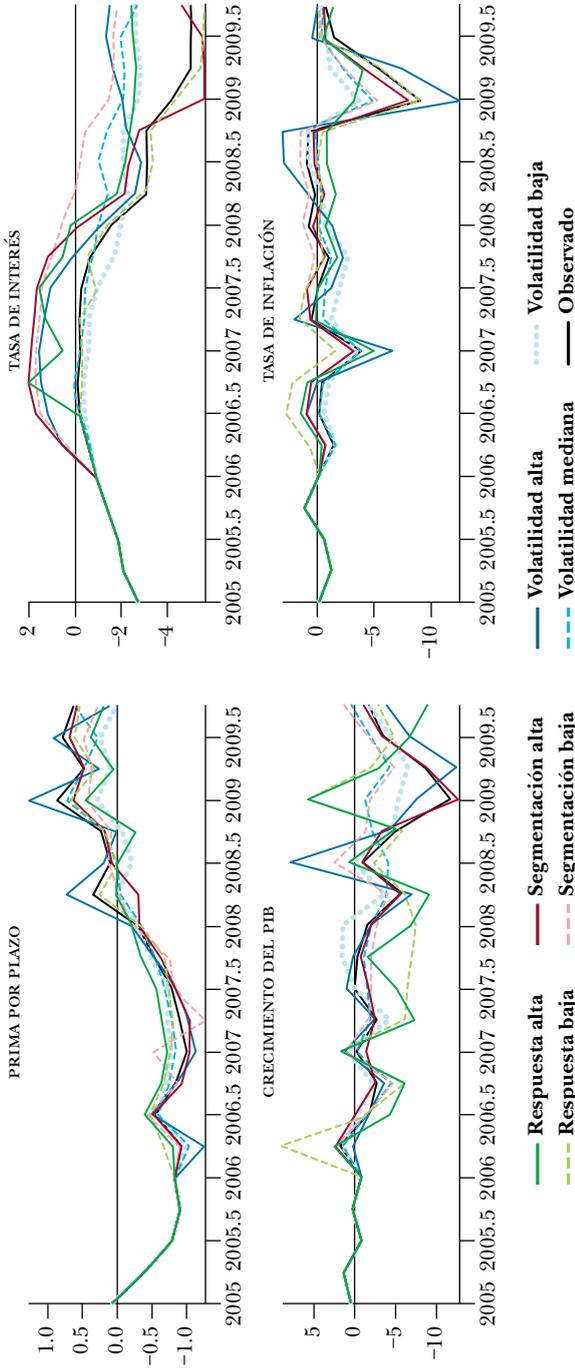
La gráfica 12 muestra un ejercicio contrafáctico para el próximo nuevo episodio analizado que es 2006t1 a 2009t4 cuando existe una probabilidad alta de volatilidad mediana del choque de crédito en 2006t3, 2008t2 y t3, y volatilidad alta en 2008t4, mientras se identifican altas fricciones en 2006t1-2008t1 y 2009t2-2010t1. A pesar de ser un episodio directamente relacionado con nuestra cita de apertura, donde el recientemente designado Bernanke señalaba los riesgos de caídas financieramente estimulantes en la prima por plazo y la necesidad de mayor restricción en la política monetaria, en este episodio hay baja probabilidad de una respuesta de política monetaria a la prima por plazo alta.

Este episodio fue precedido por una meta de tasa de fondos federales que el 30 de junio de 2014 comenzó una tendencia al alza con un 1% desde el 25 de junio 2003 a un 2.25% para fines de 2004, y de un 4.25% para fines de 2005. Durante la primera mitad del año el Comité de Operaciones del Mercado Abierto agregó otros cuatro incrementos de 0.25% hasta la tasa de 5.25% para junio de 2006. ¿Qué podría haber sucedido si la política monetaria fuera más responsiva hacia la prima por plazo? Según el ejercicio contrafáctico, la línea sólida verde muestra que esto habría implicado un aumento en las tasas de interés de un 2% adicional, lo cual habría desacelerado la actividad económica de manera significativa. Sin embargo, el crecimiento del PIB no registró el ciclo de auge y caída que sugiere una probabilidad del 100% de respuesta de política monetaria baja como describe la línea verde discontinua.

La comparación de las líneas rojas, sólidas para las fricciones financieras altas y discontinua para las fricciones financieras bajas, nos permiten observar la importancia del desempeño de las imperfecciones del mercado de crédito en la contracción del producto de 2007t4 a 2009t2. La presencia de altas fricciones financieras también nos permitió entender por qué la Reserva Federal necesitaba ser tan agresiva en la baja de las tasas de interés durante la recesión con una caída del 4.25% para fines de 2007 y del [0%-0.25%] el 16 de diciembre de 2008. Mientras tanto, la comparación de las tres líneas azules en relación con la magnitud de la volatilidad de los choques

Gráfica 12

SIMULACIÓN CONTRAFÁCTICA DE 2006T1 A 2009T4



Nota: para los contrafácticos, las líneas verdes continuas simulan las series para el escenario de respuesta alta a la prima por plazo, mientras que las discontinuas, el escenario de respuesta baja a la prima. Las líneas rojas continuas simulan las series para el escenario de segmentación alta, mientras que las discontinuas, el escenario de segmentación baja. En el caso de las líneas azules, estas simulan las series para los escenarios de volatilidad alta (línea sólida), mediana (línea discontinua) y baja (línea de puntos). La línea en negro muestra los valores observados de las series.

muestra que si hubiesen permanecido altos en 2009t1 y t2, se habría profundizado la contracción del producto.

Este periodo incluye los eventos más críticos de la crisis de las hipotecas de alto riesgo. Según Calomiris y Haber (2014) no existe consenso entre académicos, profesionales y políticos sobre las causas clave de esta crisis. Algunas teorías que la explican incluyen la creación de valores financieros nuevos y más riesgosos tales como los valores con respaldo hipotecario y otros derivados financieros; la excesiva toma de riesgo de empresas respaldadas por el gobierno como Fannie Mae y Freddie Mac; y la ideología de libre mercado de la era Bush. El incentivo para que Fannie y Freddie compraran hipotecas riesgosas sumamente apalancadas y así aumentara la liquidez y la capacidad de otorgamiento de créditos de los prestamistas hacia prestatarios específicos tuvo un fuerte efecto en los mercados hipotecarios. El mercado de valores respaldados por hipotecas estaba sumamente desregulado. Los indicadores financieros como el diferencial Libor/OIS dieron señales de tensión e incertidumbre en la economía de Estados Unidos. Las agencias calificadoras desempeñaron un papel importante en este evento. Las calificaciones de crédito asignadas por estas agencias afectaron la asignación de capital de riesgo en la economía. Las calificaciones crediticias más altas permitieron a las empresas endeudarse en mejores condiciones y por lo tanto afectaron positivamente el valor de las empresas (Bae *et al.*, 2015). Luego de la quiebra del mercado, el gobierno federal de Estados Unidos y la Reserva Federal emprendieron acciones sin precedentes. Fannie Mae y Freddie Mac se convirtieron en bancos estatales después de su rescate. Se elaboraron programas de respaldo de liquidez para apoyar a los distintos mercados en problemas (Calomiris y Haber, 2014). Como medida de prevención y supervisión, el presidente Obama sancionó la ley Dodd-Frank de reforma y regulación del sistema bancario mediante la creación de una serie de agencias gubernamentales.

La gráfica 13 muestra el ejercicio contrafáctico para los últimos episodios analizados: 2010t1 y 2011t4, cuando existió probabilidad alta de una respuesta de tasa de interés a la prima por plazo alta. Se estimó que las fricciones financieras serían altas en 2010t4 y 2011t4, mientras que la probabilidad sería alta para la volatilidad del choque de crédito mediana en 2010t2 y de 2011t2 a 2011t4. Es importante recordar que la tasa de fondos de la Reserva Federal estuvo en límite inferior cero desde diciembre de 2008 hasta diciembre de 2015. La

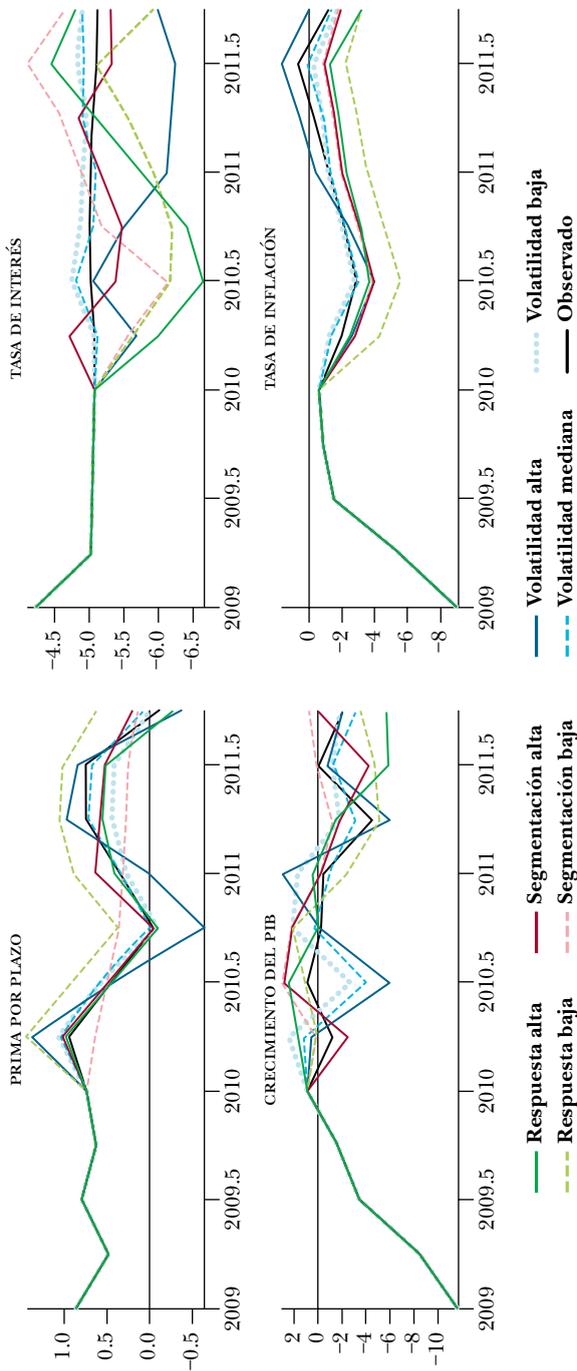
economía se estaba recuperando de la recesión y la prima por plazo estaba por encima de su valor de estado estacionario. Una de estas, la respuesta de la política monetaria alta, las fricciones financieras altas y la volatilidad mediana y baja de los choques sigue de cerca el comportamiento de la prima por plazo. La respuesta alta de las tasas de interés habría implicado bajar la tasa de interés un 1.5% adicional en 2010t4, la cual contrasta con el promedio  $-0.95\%$  en 2010t4 y  $-1.23\%$  en 2011 según la tasa de interés sombra ajustada por la flexibilización cuantitativa en Wu and Xia (2015). Si las fricciones financieras hubiesen sido bajas durante todo el episodio, el crecimiento del PIB podría haber estado siempre por encima del nivel observado, mientras que, si la política monetaria responsiva hubiese sido completamente creíble, el crecimiento del PIB también habría sido mayor hasta 2011t2.

En el periodo posterior a la crisis 2007-2009, el presidente Barack Obama señaló que “el sector financiero estaba regido por leyes anticuadas y aplicadas indebidamente que permitieron que algunos asumieran los riesgos que pusieron en peligro a la economía”. El Congreso de Estados Unidos, la Casa Blanca y la Reserva Federal adoptaron medidas para mejorar la regulación sobre el sector financiero. Para los últimos trimestres de 2009, estas autoridades comenzaron a colaborar en la elaboración de la ley de reforma de Wall Street y protección al consumidor Dodd-Frank (Goodwing, 2013).

En 2010Q1, la Reserva Federal anunció su flexibilización cuantitativa 2 (QE2), comprando 600,000 millones de dólares en títulos del Tesoro de más largo plazo. En ese momento, Bernanke iniciaba su segundo mandato como presidente de la Reserva Federal. También, la reforma financiera de Dodd-Frank se convirtió en ley, y la Reserva Federal emitió los lineamientos para evaluar las propuestas de acción de capital de las empresas bancarias tenedoras de acciones. Para 2011, abrió sus puertas la Oficina para la Protección Financiera del Consumidor, buscando la salud y protección de los consumidores al supervisar la información bancaria, de prestamistas y de otras empresas financieras. En el mundo, Grecia admitió una tasa de déficit a PIB del 12% (2009t4) y el Fondo Monetario Internacional y el Banco Central Europeo pusieron en marcha el primer plan de rescate que fue completado dos trimestres después. Para el tercer trimestre de 2011 el Consejo de Estabilidad Financiera europeo despejó la compra de bonos soberanos.

Gráfica 13

SIMULACIÓN CONTRAFÁCTICA DE 2010T1 A 2011T4



Nota: para los contrafácticos, las líneas verdes continúan simulando las series para el escenario de respuesta alta a la prima por plazo, mientras que las discontinuas, el escenario de respuesta baja a la prima. Las líneas rojas continúan simulando las series para el escenario de segmentación alta, mientras que las discontinuas, el escenario de segmentación baja. En el caso de las líneas azules, estas simulan las series para los escenarios de volatilidad alta (línea sólida), mediana (línea discontinua) y baja (línea de puntos). La línea en negro muestra los valores observados de las series.

## 6. CONCLUSIONES

En este capítulo mediante el uso de MS-VAR mostramos evidencia de la importancia de permitir parámetros cambiantes (no linealidad) y la varianza cambiante (no gaussiana) cuando se analizan los vínculos macrofinancieros en Estados Unidos. Usando la especificación preferida de dos regímenes en coeficientes y de tres regímenes en volatilidades, modificamos el modelo DSGE de Carlstrom *et al.* (2017) permitiendo cambios de régimen tipo Markov en los parámetros que registran las fricciones financieras, la respuesta de la política monetaria y la volatilidad estocástica. Clasificamos los regímenes en fricciones financieras alta y baja, respuesta de la tasa de interés a la prima por plazo alta y baja y volatilidad del choque de crédito alta, media y baja; realizamos una estimación bayesiana del modelo para identificar estos regímenes. La estimación por máxima verosimilitud bayesiana del modelo MS-DSGE identificó 59 trimestres (27% de la muestra que va desde 1962t1 a 2017t4) en los cuales las fricciones financieras, medidas por los costos por ajuste de cartera de los intermediarios financieros a su patrimonio neto, tenían una probabilidad alta de ser altas en los siguientes intervalos relevantes: 1971t1-1971t4, 1976t-1978t3, 1983t4-1985t4, 1990t2-1991t2, 2002t3-2003t3, 2006t1-2008t1 y 2009t2-2010t1. También, hay 43 trimestres (19.3%) en los cuales la respuesta de la tasa de interés a la prima por plazo se estima como alta en los siguientes intervalos: 1978t4-1983t4, 1990t2-1993Q4 y 2010t1-2011t4. Además, la estimación MS-DSGE registra probabilidad alta en 34 trimestres (15.2%) de que la volatilidad del choque de crédito sea alta; en 46 trimestres (20.6%), de que sea mediana; y en 142 trimestres (63.7%), de que sea baja.

Analizamos seis episodios en los cuales las fricciones financieras fueron altas o la volatilidad del choque de crédito fue media o alta lo que señala alteraciones en los mercados financieros. En tres de esos episodios, 1978t4-1983t4, 1990t2-1993t4, y 2010t1-2011t4, las tasas de interés a corto plazo tuvieron una respuesta alta a la prima por plazo. En los otros tres periodos de perturbaciones financieras, 1971Q1-1978Q3, 2000Q4-2004Q4, and 2006Q1-2009Q4, la tasa de interés a corto plazo tuvo una respuesta baja. Los ejercicios contrafácticos nos permitieron analizar qué podría haber sucedido ante condiciones alternas del mercado de crédito y de respuesta de política monetaria. Estos contrafácticos brindan evidencia de los efectos

amplificados de los factores financieros y el papel que ha tenido la política monetaria en la mitigación de los ciclos económicos dirigidos por condiciones financieras.

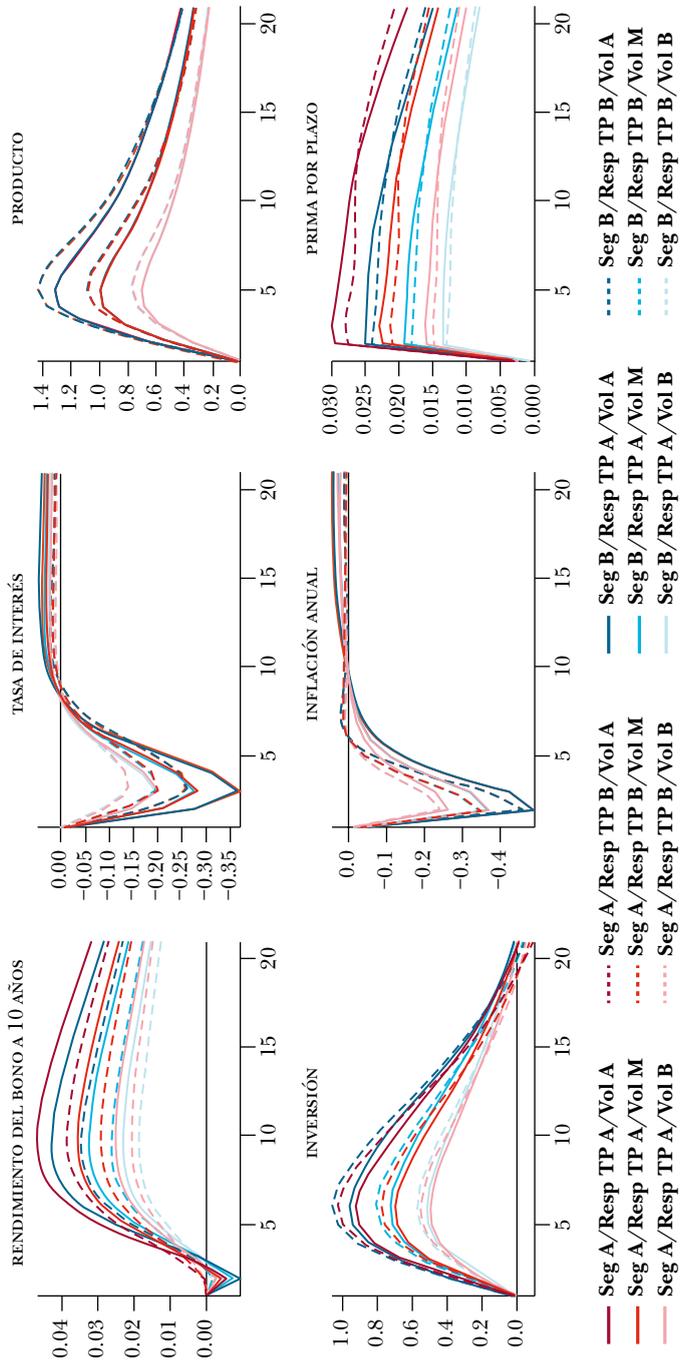
## ANEXO

### **Funciones de respuesta al impulso**

Este anexo muestra la respuesta al impulso a un choque de una desviación de un estándar a la tecnología neutral,  $\sigma_a$ , específico de la inversión,  $\sigma_\mu$ , margen de precios,  $\sigma_{mk}$ , ajuste de salarios,  $\sigma_w$ , y preferencia intertemporal,  $\sigma_m$ . Como se describe en el texto, cada figura tiene doce líneas que describen las respuestas bajo dos fricciones financieras alternativas (Seg A y Seg B), las dos respuestas de política monetaria de prima por plazo (Resp TP A y Resp TP B), y los tres regímenes de volatilidad de choque crediticio (Vol A, Vol M y Vol B). Los regímenes de fricciones financieras altas se presentan en tonos rojos, mientras que los de bajas se presentan en tonos azules. Los regímenes de alta respuesta de política monetaria se presentan en líneas sólidas, mientras que los de baja se presentan en líneas discontinuas. Los regímenes de volatilidad alta tienen los tonos más oscuros, de volatilidad mediana los tonos medios, y de volatilidad baja los tonos más claros.

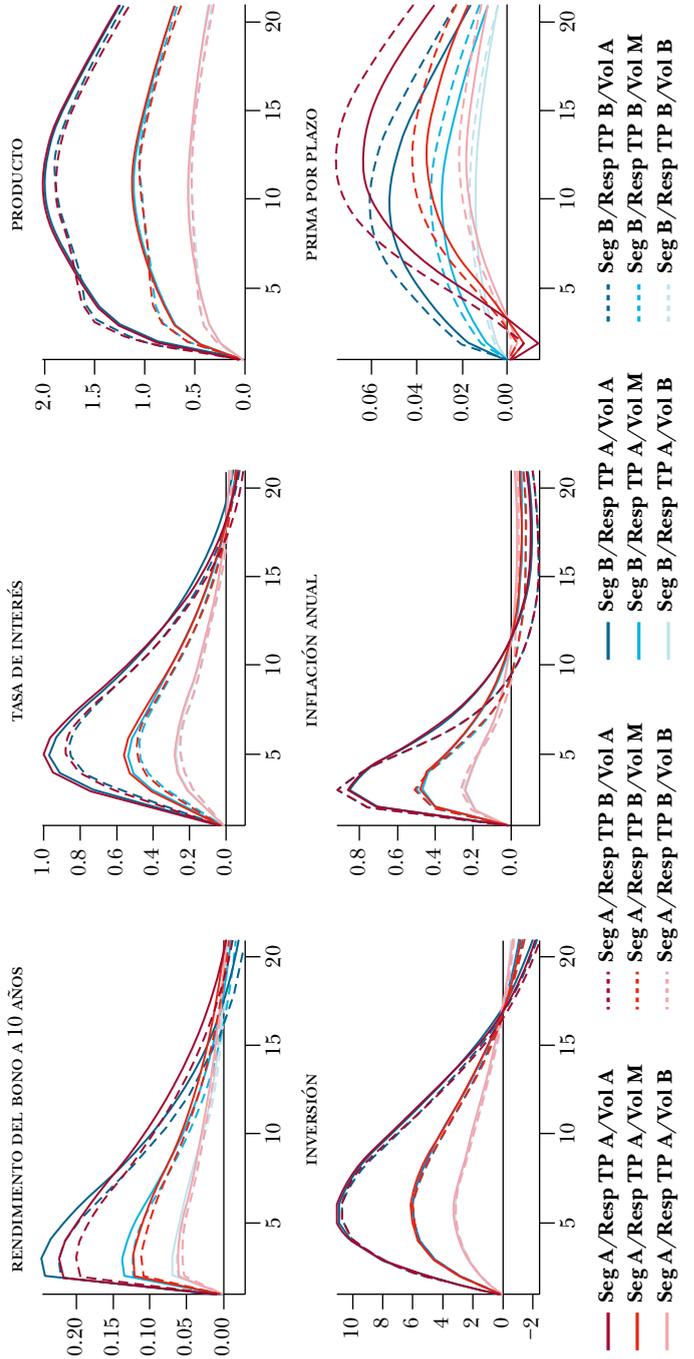
Gráfica 14

**FUNCIONES DE RESPUESTA AL IMPULSO DEL MOD. MS-DSGE A UN CHOQUE DE TECNOLOGÍA NEUTRAL DE UNA DESV. ESTÁNDAR CON RÉGIMENES ALTERNOS DE FRICCIONES MONETARIAS, POLÍTICA MONETARIA Y VOLATILIDAD**



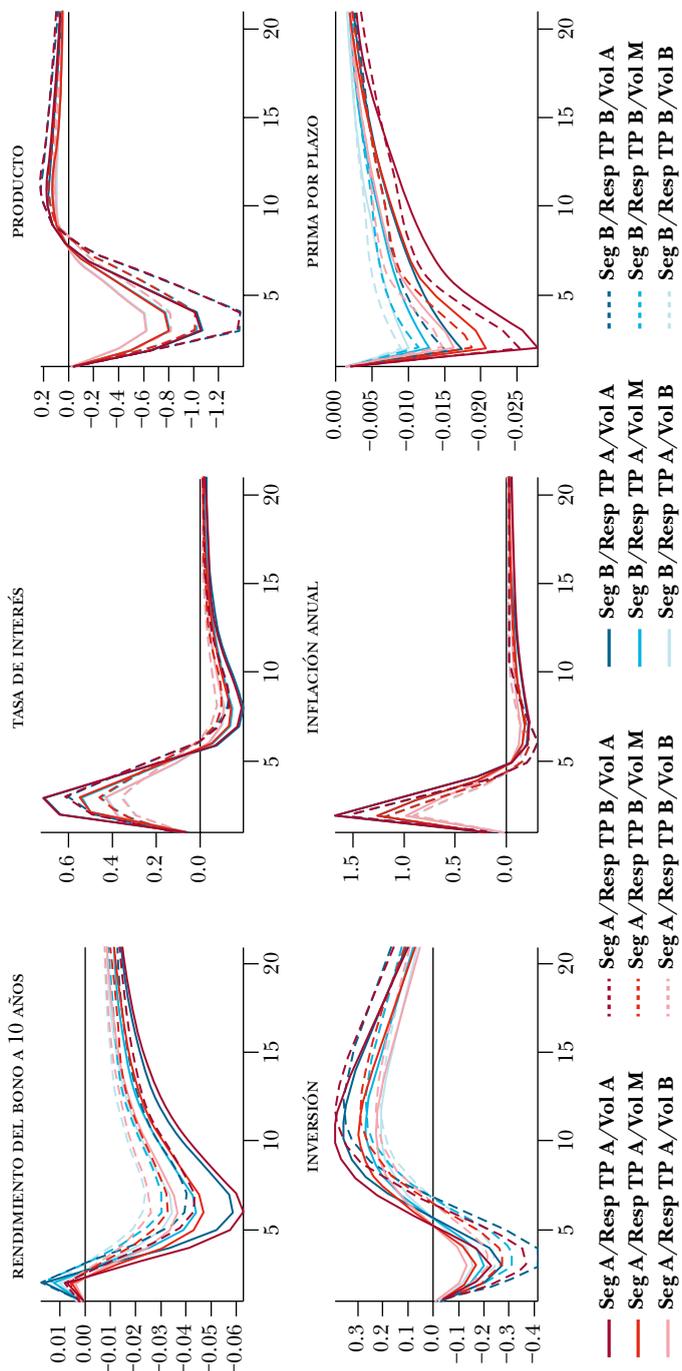
Gráfica 15

FUNCIONES DE RESPUESTA AL IMPULSO DEL MOD. MS-DSGE A UN CHOQUE DE TECNOLOGÍA ESPECÍFICO DE INVERSIÓN DE UNA DESV. ESTÁNDAR CON REGÍMENES ALTERNOS DE FRICCIONES MONETARIAS, POLÍTICA MONETARIA Y VOLATILIDAD



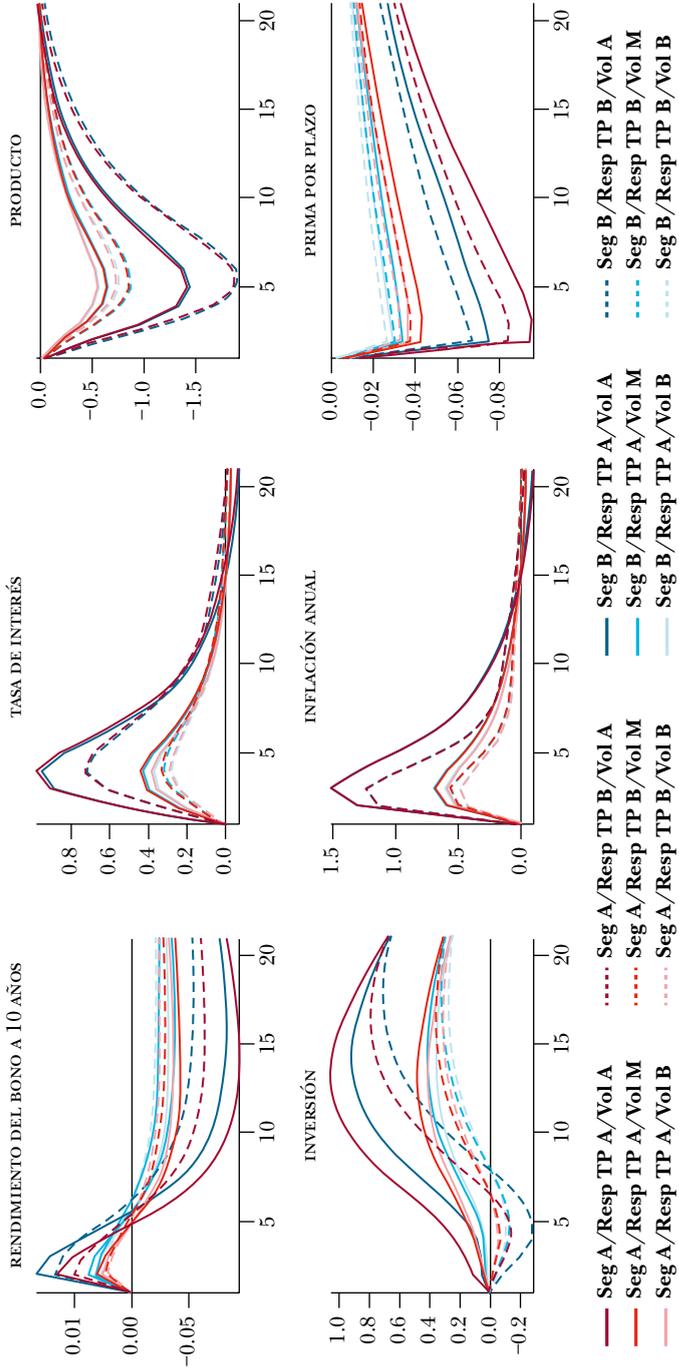
Gráfica 16

**FUNCIONES DE RESPUESTA AL IMPULSO DEL MOD. MSDSGE A UN CHOQUE DEL MÁRGEN DE PRECIOS DE UNA DESV. ESTÁNDAR CON RÉGIMENES ALTERNOS DE FRICCIONES MONETARIAS, POLÍTICA MONETARIA Y VOLATILIDAD**



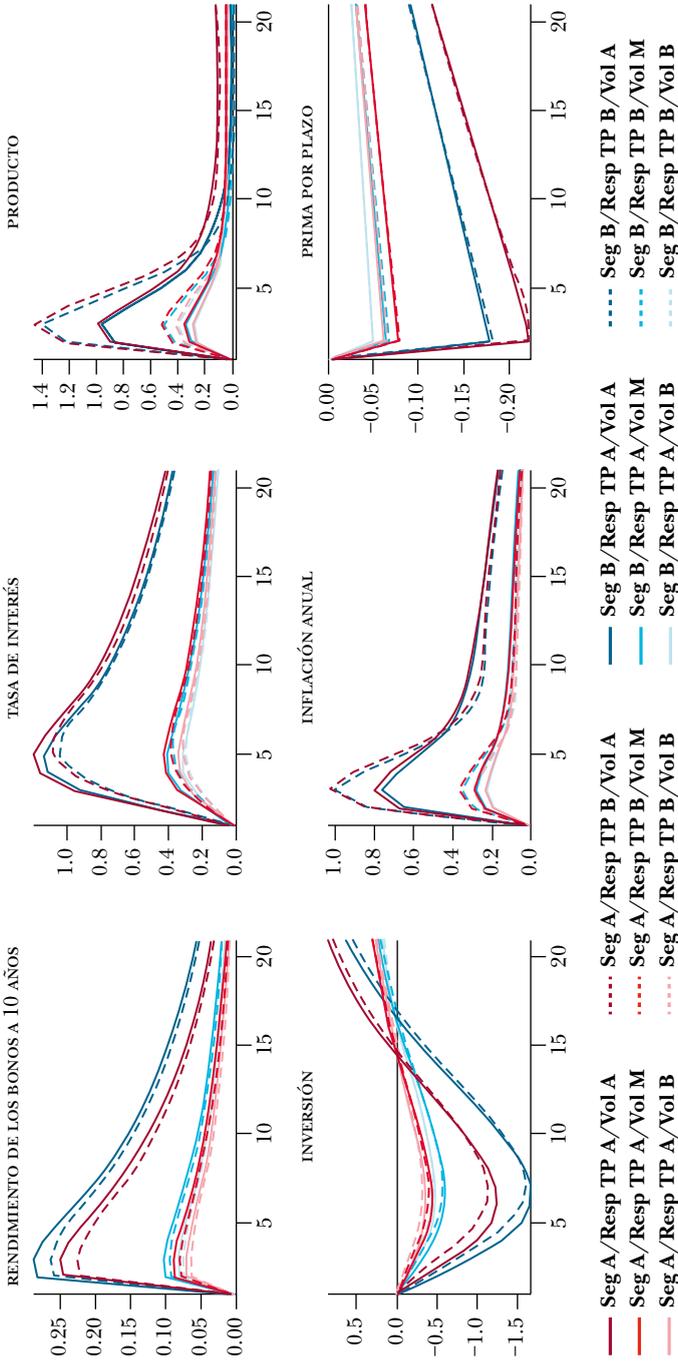
Gráfica 17

**FUNCIONES DE RESPUESTA AL IMPULSO DEL MOD. MS-DSGE A UN CHOQUE DEL MÁRGEN DE SALARIOS DE UNA DESV. ESTÁNDAR CON RÉGIMENES ALTERNOS DE FRICCIONES MONETARIAS, POLÍTICA MONETARIA Y VOLATIDAD**



Gráfica 18

FUNCIONES DE RESPUESTA AL IMPULSO DEL MOD. MS-DSGE A UN CHOQUE DE LA PREFERENCIA INTERTEMPORAL DE UNA DESV. ESTÁNDAR CON RÉGIMENES ALTERNOS DE FRICCIONES MONETARIAS, POLÍTICA MONETARIA Y VOLATILIDAD



## Bibliografía

- Adrian, Tobias, Richard K. Crump, y Emanuel Moench (2013), “Pricing the Term Structure with Linear Regressions,” *Journal of Financial Economics*, vol. 110, núm. 1, octubre, pp. 110-138, <<https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2013.04.009>>.
- Alstadheim, Ragna, Hilde C. Bjørnland, y Junior Maih (2013), *Do Central Banks Respond to Exchange Rate Movements? A Markov-switching Structural Investigation*, Working Paper, Norges Bank Research, núm. 2013/24.
- Bae, Kee-Hong, Jun-Koo Kang, y Jin Wang (2015), “Does Increased Competition Affect Credit Ratings? A Reexamination of the Effect of Fitch’s Market Share on Credit Ratings in the Corporate Bond Market,” *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 50, núm. 5, octubre, pp. 1011-1035, <<https://doi.org/10.1017/S0022109015000472>>.
- Barthélemy, Jean, y Magali Marx (2011), *State-dependent Probability Distributions in Nonlinear Rational Expectations Models*, Working Papers, Banque de France, núm. 347.
- Bernanke, Ben S., Mark Gertler, y Simon Gilchrist (1999), “The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework,” en John B. Taylor and Michael Woodford (eds.), *Handbook of Macroeconomics*, vol. 1, parte C, capítulo 21, pp. 1341-1393, <[https://doi.org/10.1016/S1574-0048\(99\)10034-X](https://doi.org/10.1016/S1574-0048(99)10034-X)>.
- Bianchi, Francesco, y Cosmin Ilut (2017), “Monetary/Fiscal Policy Mix and Agent’s Beliefs,” *Review of Economic Dynamics*, vol. 26, octubre, pp. 113-139, <<https://doi.org/10.1016/j.red.2017.02.011>>.
- Bianchi, Francesco, y Leonardo Melosi (2017), “Escaping the Great Recession,” *American Economic Review*, vol. 107, núm. 4, pp.1030-1058.
- Bjørnland, Hilde C., Vegard H. Larsen, y Junior Maih (2018), “Oil and Macroeconomic (In) Stability,” *American Economic Journal: Macroeconomics*, por publicar.
- Calomiris, Charles W., y Stephen Haber (2014), *Fragile by Design: The Political Origins of Banking Crises and Scarce Credit*, Princeton University Press.

- Carlstrom, Charles T., Timothy S. Fuerst, y Matthias Paustia (2017), "Targeting Long Rates in a Model with Segmented Markets," *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol. 9, núm. 1, enero, pp. 205-242.
- Cho, Seonghoon (2014), *Characterizing Markov-switching Rational Expectations Models*, document de trabajo.
- Cogley, Timothy, y Thomas J. Sargent (2005), "Drifts and Volatilities: Monetary Policies and Outcomes in the Post WWII US," *Review of Economic Dynamics*, vol. 8, núm. 2, abril, pp. 262-302, <<https://doi.org/10.1016/j.red.2004.10.009>>.
- Costa, Oswaldo Luis do Valle, Marcelo Dutra Frago, y Ricardo Paulino Marques (2006), *Discrete-time Markov Jump Linear Systems*, Springer-Verlag London Limited, 286 p., <doi: 10.1007/b138575>.
- Davig, Troy, y Craig Hakkio (2010), "What Is the Effect of Financial Stress on Economic Activity?," *Economic Review*, Banco de la Reserva Federal de Kansas City, segundo trimestre, pp. 35-62.
- Erceg, Christopher J., Dale W. Henderson, y Andrew T. Levin (2000), "Optimal Monetary Policy with Staggered Wage and Price Contracts," *Journal of Monetary Economics*, vol. 46, núm. 2, octubre, pp. 281-313, <[https://doi.org/10.1016/S0304-3932\(00\)00028-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3932(00)00028-3)>.
- Foerster, Andrew T., Juan Rubio-Ramírez, Daniel F. Waggoner, y Tao Zha (2014), *Perturbation Methods for Markov-switching DSGE Models*, NBER Working Paper, August, núm. 20390, <doi: 10.3386/w20390>.
- Foerster, Andrew T. (2016), "Monetary Policy Regime Switches and Macroeconomic Dynamics," *International Economic Review*, vol. 57, núm. 1, febrero, pp. 211-230, <<https://doi.org/10.1111/iere.12153>>.
- Hamilton, James D. (1989), "A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle," *Econometrica*, Econometric Society, vol. 57, núm. 2, marzo, pp. 357-384, <doi: 0012-9682(198903)57:2<357:AN ATTE>2.0.CO;2-2>.
- Hubrich, Kirstin, y Robert J. Tetlow (2015), "Financial Stress and Economic Dynamics: The Transmission of Crises," *Journal of Monetary Economics*, vol. 70, pp. 100-115, <<https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2014.09.005>>.

- Kim, Chang-Jin, y Charles R. Nelson (1999), "Has the US Economy Become More Stable? A Bayesian Approach Based on a Markov-switching Model of the Business Cycle," *Review of Economics and Statistics*, vol. 81, núm. 4, November, pp. 608-616, <<https://doi.org/10.1162/003465399558472>>.
- Maih, Junior (2015), *Efficient Perturbation Methods for Solving Regime-Switching dsge Models*, Working Paper, Norges Bank Research, núm. 1/2015.
- McCallum, Bennett T. (1983), "On Non-uniqueness in Rational Expectations Models: An Attempt at Perspective," *Journal of Monetary Economics*, vol. 11, núm. 2, pp. 139-168, <[https://doi.org/10.1016/0304-3932\(83\)90028-4](https://doi.org/10.1016/0304-3932(83)90028-4)>.
- Primiceri, Giorgio E. (2005), "Time Varying Structural Vector Autoregressions and Monetary Policy," *The Review of Economic Studies*, Oxford University Press, vol. 72, núm. 3, pp. 821-852, <<https://www.jstor.org/stable/3700675>>.
- Rudebusch, Glenn D., Brian P. Sack, y Eric T. Swanson (2006), *Macroeconomic Implications of Changes in the Term Premium*, Working Paper Series, Banco de la Reserva Federal de San Francisco, núm. 2006-46.
- Sims, Christopher A., Daniel F. Waggoner, y Tao Zha (2008), "Methods for Inference in Large Multiple-equation Markov-switching Models," *Journal of Econometrics*, vol. 146, núm. 2, octubre, pp.255-274, <<https://doi.org/10.1016/j.jecnom.2008.08.023>>.
- Sims, Christopher A., y Tao Zha (2006), "Were There Regime Switches in us Monetary Policy?," *American Economic Review*, vol. 96, núm. 1, marzo, pp. 54-81, < doi: 10.1257/000282806776157678>.
- Yun, Tack (1996), "Nominal Price Rigidity, Money Supply Endogeneity, y Business Cycles," *Journal of Monetary Economics*, vol. 37, núm. 2, abril, pp. 345-370, <[https://doi.org/10.1016/S0304-3932\(96\)90040-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3932(96)90040-9)>.
- Wu, Jing Cynthia, y Fan Dora Xia (2015), *Measuring the Macroeconomic Impact of Monetary Policy at the Zero Lower Bound*, Chicago Booth Research Paper, núm. 13-77, <<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn>>.

