



EL COLEGIO DE MÉXICO

CENTRO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS

MAESTRÍA EN ECONOMÍA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ECONOMÍA

**POLÍTICA MONETARIA ÓPTIMA EN PEQUEÑAS
ECONOMÍAS ABIERTAS: UN ANÁLISIS ESTRUCTURAL
PARA MÉXICO**

DAVID ARMANDO SÁNCHEZ AMADOR

PROMOCIÓN 2013-2015

ASESOR:

GERARDO ESQUIVEL HERNÁNDEZ

JULIO, 2015

Agradecimientos

Prima facie, agradezco al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por proporcionar los recursos que me permitieron realizar mis estudios de posgrado. Al Colegio de México, por ser la institución que reunió los medios para formarme y sin los cuales este trabajo no fuera posible.

Al Dr. Gerardo Esquivel, quien me guio en cada paso de esta investigación, mostrándome el camino que debía seguir, nutriéndola con comentarios acertados y evitando que me saliera de los objetivos de la misma.

Al Dr. Eneas Caldiño por confiar en sus estudiantes y apoyarlos en cada paso por la maestría.

A los profesores del Centro de Estudios Económicos quienes no sólo enseñan en las aulas contribuyendo con una formación rigurosa y de calidad, sino también promueven el trabajo en equipo, son abiertos al dialogo, y hacen que crezca en cada uno la pasión por lo que realizamos sembrando la semilla por la investigación.

A mis compañeros de clase, David, Nahieli y Alejandro por crear un ambiente tan competitivo pero lleno de amistad y colaboración, a muchos que no menciono pero con quienes compartí momentos memorables.

Finalmente agradezco a mis padres, a Luisito y a mis hermanas por su apoyo incondicional, quienes me dan el coraje y me brindan la inspiración para continuar en todo momento.

Política Monetaria Óptima en Pequeñas Economías Abiertas: Un análisis estructural para México.

David Armando Sánchez Amador

Junio, 2015

Resumen

En este trabajo se comparan los efectos de seguir distintas reglas de política monetaria, en México, sobre cuatro variables macroeconómicas: inflación, producto, tipo de cambio nominal y tasa de interés. En particular, siguiendo la literatura sobre reglas monetarias óptimas en pequeñas economías abiertas se evalúa el papel que tiene la tasa de interés externa o el tipo de cambio sobre dichas reglas. Con los parámetros estimados a partir de un modelo macroeconómico, se realiza una simulación contra-factual histórica del periodo 2007-2015 donde se hace endógena la tasa de interés nominal y se permite que responda a variables externas. La métrica utilizada es una frontera de Taylor (estimada a partir del modelo), los resultados indican que en la medida que el Banco Central reacciona a la tasa de interés externa hay una disminución en la varianza de la brecha de la inflación, del producto y del tipo de cambio; no así de la tasa de interés, sin embargo, esto puede ser atribuido a su papel más activo para contrarrestar distintos choques.

Índice

1. Introducción	2
2. Revisión Literatura y marco teórico.	5
2.1. Literatura acerca de reglas optimas de política monetaria.	5
2.2. Mecanismo de amplificación de efectos colaterales de la política monetaria.	7
2.2.1. Modelo simple para dos países.	7
2.3. Trabajos empíricos sobre reglas de Taylor en pequeñas economías abiertas.	10
3. Modelos	11
3.1. Modelo Estructural	11
3.2. Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR)	12
3.3. Desempeño modelo estructural & VAR	15
3.3.1. Criterios de información	15
3.3.2. Funciones impulso-respuesta	16
4. Frontera de Taylor	18
4.1. Estimación de la frontera eficiente.	18
4.1.1. Representación estado-espacio.	19
5. Resultados	22
6. Conclusiones	24
7. Anexo de Cuadros	26

1. Introducción

A partir del enfoque de conducción de política monetaria adoptado por el banco de la reserva de Nueva Zelanda en la década de los noventa, un importante número de países¹ se han sumado a lo que se conoce como esquema de objetivos de inflación. Un esquema de este tipo comprende una serie de características que deben ser satisfechas para conducir la política monetaria, [Bernanke et al. \(1999\)](#) mencionan las siguientes:

1. Anuncio público de objetivos cuantitativos para la tasa de inflación en algún horizonte.
2. Reconocimiento público acerca de que una inflación baja y estable es el objetivo primario de la política monetaria.
3. Comunicación de los planes y objetivos de la autoridad monetaria.
4. Mecanismos que fortalezcan la responsabilidad del banco central para lograr dichos objetivos.

[Frederic Mishkin y Klaus Schmidt-Hebbel \(2006\)](#) añaden que un esquema de este tipo es una estrategia que requiere suficiente información, ya que muchas variables son consideradas para determinar el establecimiento de los instrumentos de política monetaria. Además, una vez que se opta por este régimen, existen dos alternativas, estas consisten en adoptar un esquema estricto o uno flexible. Un esquema de inflación de tipo flexible, a diferencia de uno estricto, permite que la autoridad monetaria se preocupe de manera simultánea por el producto y la inflación.

En México, a partir del 2001 se hizo oficial la conducción de la política monetaria con un esquema de objetivos de inflación. De acuerdo con el Banco de México (Banxico), entre las características del esquema adoptado se encuentran reconocer la estabilidad de precios como objetivo, anunciar los objetivos en el mediano plazo, contar con una autoridad monetaria autónoma, aplicar la política monetaria de manera transparente basada en una estrategia de comunicación que considere los planes, objetivos y decisiones de la autoridad monetaria, así como el uso de mediciones alternativas para la inflación, por ejemplo, la inflación subyacente.

[Ozdemir \(2013a\)](#) menciona que si la autoridad monetaria sólo se preocupa por la estabilización de precios y deja de lado la del producto (lo cual se vería reflejado en su regla de conducción de política), los choques económicos pueden tener repercusiones en variables como la inflación, el

¹En la actualidad, entre las economías que conducen su política monetaria con un régimen de este tipo se encuentran: Australia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Corea, Filipinas, Hungría, Inglaterra, Islandia, Israel, México, Noruega, Perú, Suecia, Polonia, República Checa, Sudáfrica, Suiza y Tailandia.

producto o el tipo de cambio. Por ejemplo, cuando hay choques indirectos que se producen en el extranjero, estos pueden ser transmitidos a la economía doméstica a través de cambios en el comportamiento de la conducción de política del país externo, una forma sería, modificando su política monetaria, sin embargo, la pequeña economía no reaccionaría ya que esos cambios no los considera en su regla de conducción.

[Williams \(2014\)](#) resalta el hecho de que países grandes como el Banco de Japón, la Reserva Federal y el Banco Central Europeo no consideran explícitamente el esquema de objetivos de inflación como forma de conducir su política monetaria, pero los tres anuncian objetivos de inflación de largo plazo (una de las características ya mencionadas del esquema de objetivos de inflación). Ahora bien, se considera relevante una observación como la mencionada en el párrafo anterior, puesto que, puede verse a México como una pequeña economía abierta y a Estados Unidos como una economía grande, donde el Banco de México (Banxico) y la Reserva Federal (FED) son las autoridades monetarias de cada país, respectivamente. Además, el mandato de la FED es dual, i.e. se preocupa por el empleo y la inflación.

Dado que Banxico conduce la política monetaria de acuerdo a un esquema de objetivos de inflación estricto y la FED como uno flexible, la pregunta que surge es: ¿qué pasaría con variables macroeconómicas de México si un choque de demanda afecta a los Estados Unidos de tal forma que la FED aplica una política monetaria expansiva? [Esquivel \(2010\)](#) y [Edwards \(2015\)](#) mencionan que en México, si la inflación es estable (si hay presiones a la alza), entonces Banxico podría mantener constante (incluso podría incrementar) su tasa de referencia, debido a lo anterior el diferencial de tasas de interés se ampliaría lo que podría dar lugar a fluctuaciones del tipo de cambio.

La Figura 1² muestra la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio a 28 días (TIIE) de México y la Tasa de Interés de Fondos Federales de Estados Unidos, los datos son trimestrales (2000Q1-2014Q4).

Es fácil notar que existen periodos en los cuales la trayectoria que siguió la tasa de Fondos Federales es distinta a la de la TIIE. Por ejemplo, a finales del 2007 la FED comenzó a bajar su tasa de referencia para evitar que la crisis hipotecaria tuviera repercusiones en otros sectores de la economía. Mientras tanto, en México la tasa de interés se mantuvo constante inicialmente, pero comenzó a incrementarse desde principios de 2008. Ahora bien, cuando se consideran algunos trabajos sobre la conducción de política monetaria en pequeñas economía abiertas como [Ball \(1999\)](#),

² En gris se encuentran los periodos en los que el Indicador Adelantado del INEGI dio un giro, pico o valle. El eje izquierdo muestra las observaciones para Estados Unidos y el derecho para México.

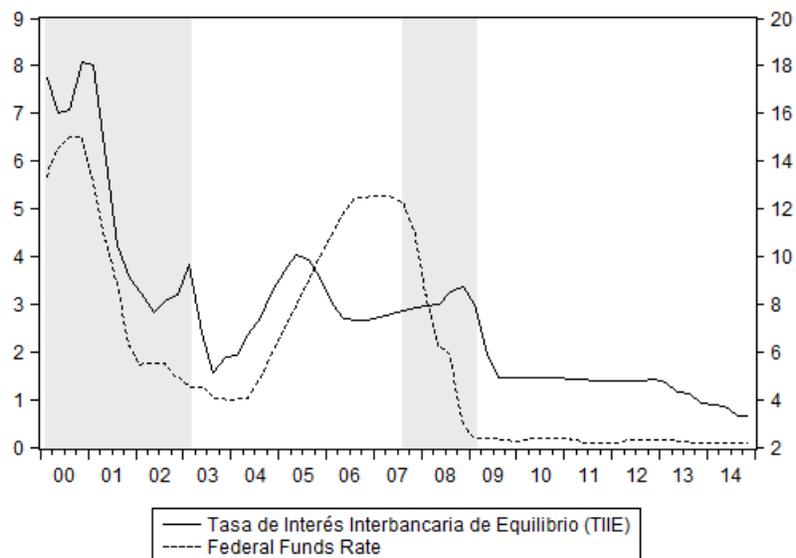


Figura 1: Tasas de interés: México y Estados Unidos.

Svensson (2000) y Clarida et al. (1997), se encuentra que una regla óptima es aquella que incluye el tipo de cambio y, en algunos casos, la tasa de interés externa.

Por lo anterior y la evidencia empírica para México, este trabajo busca construir un escenario contra-factual que indique cual hubiera sido el comportamiento de variables macroeconómicas como la inflación, el producto, el tipo de cambio nominal y la tasa de interés, con reglas de política monetaria que incluyan el tipo de cambio o la tasa de interés externa. Para ello, con la ayuda de un modelo macro-económico (que incluye ecuaciones para la inflación, el producto y el tipo de cambio) se realiza una simulación contra-factual histórica del periodo 2007-2014, permitiendo que la tasa de interés responda a variables como la tasa de interés externa.

El trabajo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se realiza una revisión de la literatura acerca de reglas óptimas en economías abiertas, también se analizan los resultados de un modelo para dos países y se describen las implicaciones que tiene un choque externo en una economía doméstica. Posteriormente en la sección 3 se estiman los parámetros de un modelo estructural y se evalúa su desempeño respecto de un modelo de Vectores Autoregresivos (VAR), se encuentra que el modelo estructural propuesto describe la dinámica de la economía como el modelo VAR. En la sección 4, con los parámetros del modelo estructural se estima una frontera eficiente, que constituye un punto de comparación para los resultados obtenidos por la simulación. Finalmente en la sección 6 se presentan las conclusiones y hallazgos.

2. Revisión Literatura y marco teórico.

2.1. Literatura acerca de reglas óptimas de política monetaria.

Taylor (1994) revisa el *trade-off* entre variabilidad de la inflación y variabilidad del producto o empleo con el fin de entender la naturaleza de dicha relación. Para ello, se apoya de diagramas y gráficas, así, empíricamente muestra la existencia de un *trade-off* debido al lento ajuste de precios. Define a una regla de política óptima como aquella que minimiza una suma ponderada de varianzas de inflación y producto (donde la ponderación dependerá de las preferencias del gobierno). Por otra parte, Ball (1997) menciona que una regla eficiente es óptima para una ponderación específica, en otras palabras, una regla que lleve a la economía a la frontera de varianzas de inflación y producto.

Ball (1999) extiende los modelos de Svensson y Ball (1997), quienes utilizan modelos para economías cerradas, a una economía abierta y se pregunta de qué manera cambia la política monetaria óptima. Encuentra que en economías abiertas es sub-óptimo seguir un régimen de objetivos de inflación (o reglas de Taylor) ya que la política monetaria afecta a la economía a través del tipo de cambio (cambios en el tipo de cambio afectan a la inflación porque su efecto pasa directamente a los precios de importación) y/o canales que involucran tasas de interés.

El autor añade que en una economía cerrada las reglas de Taylor tienen un buen desempeño al estabilizar el producto y la inflación, sin embargo, una vez que se utilizan las mismas reglas en economías abiertas los resultados que se obtienen son pobres. Por esa razón, suponiendo que los encargados de conducir la política monetaria minimizan una suma ponderada de inflación y producto, la regla óptima³ debería incluir el tipo de cambio.

Svensson (2000) extiende el análisis de un esquema de objetivos de inflación en una economía cerrada a una economía pequeña y abierta donde la oferta agregada es *forward looking* y la demanda es micro-fundamentada, además utiliza ciertos rezagos para los distintos canales de transmisión de la política monetaria. Examina la respuesta de política monetaria óptima a distintos choques, encuentra que un esquema de objetivos de inflación flexible basado en el CPI es exitoso cuando se limita la variabilidad de la inflación, el producto y el tipo de cambio.

Así, al incluir el tipo de cambio en la discusión de un esquema de objetivos de inflación, las consecuencias son:

³De manera trivial un esquema de objetivos de inflación estricto es una política óptima ya que minimiza la suma ponderada de las varianzas de la inflación y el producto cuando el ponderador de la varianzas del producto es cero.

1. El tipo de cambio permite canales adicionales para la transmisión de la política monetaria. En una economía abierta, el tipo de cambio real afecta el precio relativo de los bienes nacionales y extranjeros. Esto influye en la demanda de bienes nacionales y extranjeros, por lo tanto afecta el canal de la demanda agregada para la transmisión de la política monetaria. Pero existe un efecto directo del tipo de cambio para la transmisión de la política monetaria a la inflación; el tipo de cambio afecta los precios en moneda doméstica de bienes finales de importación, los cuales entran en índice de precios al consumo y por lo tanto inflación CPI. El rezago de éste último canal es menor comparado con el de la demanda. El tipo de cambio también afecta el precio en moneda doméstica de insumos intermediarios importados eventualmente afecta los salarios nominales vía el efecto del CPI al establecimiento de salarios.
2. El tipo de cambio, como precio de activo, es *forward looking* y una variable determinada por expectativas.
3. Algunos disturbios externos serán transmitidos a través del tipo de cambio. Por ejemplo, cambios en la inflación externa, tasas de interés externas, etc. Cambios en la demanda externa de bienes domésticos afectarán la demanda agregada de bienes nacionales.

Clarida et al. (2002) analizan el problema de los bancos centrales en economías abiertas, quienes además de preocuparse por la inflación y el producto deben tomar en cuenta el tipo de cambio y/o las acciones de bancos centrales externos. Para ello, desarrollan un modelo Nuevo-Keynesiano basado en un marco analítico de optimización para dos países, los cuales se diferencian solamente en su tamaño. Encuentran que diferentes tipos de interacción estratégica entre los bancos centrales (cooperación⁴, no cooperación) llevará a distintas reglas de política monetaria óptimas tipo Taylor. Primero, en el equilibrio de Nash sin cooperación el problema que un país enfrenta es cualitativamente el mismo de una economía cerrada y por lo tanto la regla de Taylor óptima es lineal en la tasa de interés real e inflación doméstica esperada.

Por otra parte, el resultado cambia cuando hay coordinación monetaria entre los países, i.e. hay ganancias en bienestar. Lo anterior se debe a que el costo marginal doméstico de producción y el producto potencial dependen de los términos de comercio, los cuales están en función de la actividad económica externa. Entonces, es posible implementar una regla de política monetaria óptima permitiendo a cada banco central seguir una regla tipo Taylor “aumentada” que sea lineal en la tasa de interés real de equilibrio, la inflación doméstica y la inflación externa. Además, un sistema de tipo de cambio flotante en cualquier escenario es óptimo.

⁴Ocurre cuando los bancos centrales en el modelo están de acuerdo a maximizar una suma ponderada de la utilidad de los hogares domésticos y externos bajo discreción.

2.2. Mecanismo de amplificación de efectos colaterales de la política monetaria.

2.2.1. Modelo simple para dos países.

Considérese una pequeña economía abierta con movilidad perfecta de capital e inversionistas neutrales al riesgo⁵, la cual conduce su política monetaria de acuerdo a una regla de Taylor. Además, teniendo en cuenta la literatura mencionada en el apartado anterior, se puede asumir que una regla de política monetaria óptima en dicha economía debería de incorporar el tipo de cambio. En particular, siguiendo los trabajos de [Esquivel \(2010\)](#), [Edwards \(2015\)](#) y [Taylor \(2013\)](#) bajo ciertas condiciones es posible incorporar la tasa de interés externa en la regla de política de la economía, en lugar del tipo de cambio. Si i representa la tasa de interés de política monetaria por parte del banco central en la economía doméstica e i^* la tasa de interés de política monetaria en la economía externa, es posible escribir la regla de política monetaria para cada país de la siguiente forma:

$$i = z + \alpha i^* \quad (1)$$

$$i^* = z^* + \alpha^* i \quad (2)$$

Para ambas funciones de reacción z y z^* representan factores en la regla de política propios a cada economía, donde $\alpha > 0$ y $\alpha^* > 0$. Además, se puede asumir sin pérdida de generalidad, que:

$$z = (1 + \beta)\pi + \gamma \hat{y} \quad (3)$$

$$z^* = (1 + \beta^*)\pi^* + \gamma \hat{y}^* \quad (4)$$

En este caso, π y \hat{y} representan la brecha de la inflación (respecto a un objetivo o una media de corto plazo) y la brecha del producto (de su nivel potencial o una media de corto plazo) para la economía doméstica, y su contraparte en asterisco representa las mismas variables para la economía externa.

Resolviendo (1) y (2) para la tasa de interés, se obtienen las siguientes expresiones:

$$i = \frac{1}{1 - \alpha\alpha^*} [(1 + \beta)\pi + \gamma \hat{y}] + \frac{\alpha}{1 - \alpha\alpha^*} [(1 + \beta^*)\pi^* + \gamma \hat{y}^*] \quad (5)$$

$$i^* = \frac{\alpha^*}{1 - \alpha\alpha^*} [(1 + \beta)\pi + \gamma \hat{y}] + \frac{1}{1 - \alpha\alpha^*} [(1 + \beta^*)\pi^* + \gamma \hat{y}^*] \quad (6)$$

Las ecuaciones (5) y (6) indican que en equilibrio la tasa de interés doméstica depende no solamente de las brechas de la inflación y del producto domésticos, sino también de las brechas del

⁵[Edwards \(2015\)](#) menciona que es posible suavizar ambos supuestos sin que existan consecuencias para el análisis.

producto y de la inflación en el extranjero, lo mismo sucede para la economía externa⁶. Ahora bien, en éste escenario se busca conocer cuál sería la respuesta de la economía doméstica ante un cambio en la política monetaria de la economía externa. La Figura 2 respalda esa dinámica, en donde debido a una variación positiva en la brecha del producto externo ($\Delta \hat{y}^*$), la economía externa implementa una política monetaria restrictiva, i.e. incrementando la tasa de interés y pasando de i^{*1} a i^{*2} .

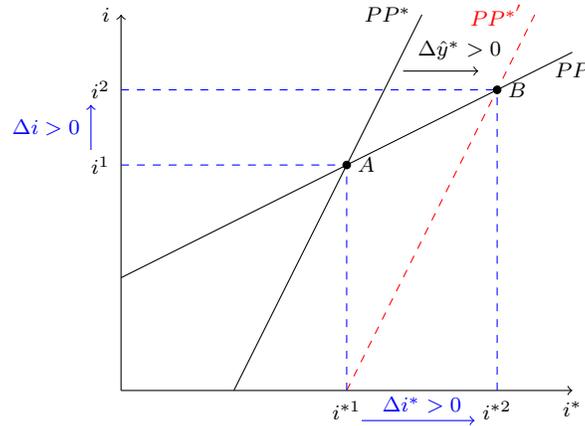


Figura 2: Contagio de política: economías igual tamaño, Edwards (2015).

En el espacio de tasas de interés, la recta PP corresponde a la función de reacción de la economía doméstica, mientras que la recta PP^* representa la función de reacción de la economía externa. La respuesta de la economía doméstica, ante el cambio exógeno en la economía externa (representado por el desplazamiento de la función de reacción de la economía externa a $PP^{*'}$), consiste en incrementar su tasa de política monetaria en el mismo sentido que la economía externa, i.e. de i^1 a i^2 . Lo anterior implica pasar del punto A al punto B . Sin embargo, visto que este resultado es válido solamente cuando se tienen economías de igual tamaño, surge la pregunta: ¿qué pasaría cuando se tiene una economía pequeña vs una economía grande?.

Para modelar ese escenario y siguiendo los trabajos de Esquivel (2010) y Edwards (2015), el parámetro α^* debe tomar el valor de cero. Si, además, se considera que las economías se encuentran estrechamente relacionadas, entonces se puede modelar la brecha del producto doméstico como una cantidad proporcional a la brecha del producto externo, i.e. $\hat{y} = \delta \hat{y}^*$ con $\delta > 0$. Otro caso de interés es cuando, además de los casos anteriores la pequeña economía sigue un esquema de objetivos de inflación de tipo estricto, i.e. en su regla de política monetaria solamente incorpora la

⁶El resultado se sostiene cuando las economías son de igual tamaño. De otra forma, se tendría el caso de una economía grande y una pequeña, es decir, el parámetro α^* sería igual a cero.

inflación. [Esquivel \(2010\)](#) muestra los resultados de dichos supuestos en las siguientes ecuaciones.

1. Economía grande vs economía pequeña, i.e. $\alpha^* = 0$.

$$i = (1 + \beta)\pi + \gamma\hat{y} + \alpha[(1 + \beta^*)\pi^* + \gamma^*\hat{y}^*]$$

$$i^* = (1 + \beta^*)\pi^* + \gamma^*\hat{y}^*$$

2. Economías integradas, con caso 1. $\hat{y} = \delta\hat{y}^*$ con $\delta > 0$.

$$i = (1 + \beta)\pi + \alpha(1 + \beta^*)\pi^* + (\gamma\delta + \alpha\gamma^*)\hat{y}^*$$

$$i^* = (1 + \beta^*)\pi^* + \gamma^*\hat{y}^*$$

3. La economía pequeña sigue un esquema de inflación estricto.

$$i = (1 + \beta)\pi$$

$$i^* = (1 + \beta^*)\pi^* + \gamma^*\hat{y}^*$$

En particular, el caso (1) representa la situación de una economía grande vs una economía pequeña, asimismo es posible conocer la dinámica de las tasas de interés a causa del choque en la economía grande. La Figura 3 muestra esa dinámica.

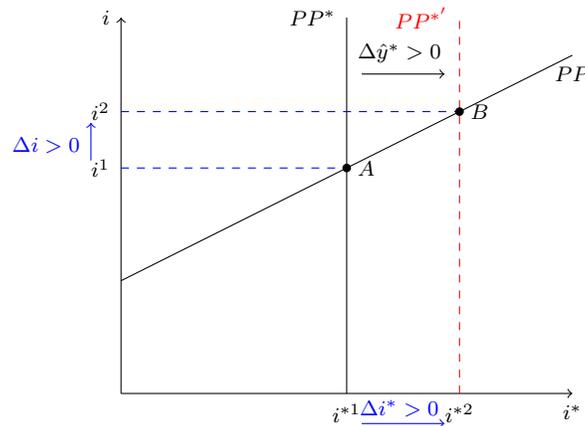


Figura 3: Contagio de política: economía grande vs pequeña, [Edwards \(2015\)](#).

Debido a que la economía externa (economía grande) no responde ante los cambios en la regla de política monetaria de la economía doméstica (economía pequeña), la función de reacción PP^* es una línea vertical. Asimismo, al producirse el cambio en la brecha del producto la curva se desplaza hasta su nueva posición, i.e. en $PP^{*'}$. En otras palabras, el banco central externo reacciona y se observa un proceso de ajuste por parte del banco central de la economía doméstica. A pesar de que el cambio en la regla de política monetaria de la economía doméstica no es de la misma proporción que el la Figura 2, la dirección que sigue la variación siempre es igual a la que se observa por parte de la economía externa, en este caso, un incremento de la tasa de política monetaria.

2.3. Trabajos empíricos sobre reglas de Taylor en pequeñas economías abiertas.

Akram, Q. Farooq y Eitrheim, Øyvind (2008) investigan de qué manera un banco central, con un régimen de objetivos de inflación, puede promover la estabilidad financiera cuando se preocupa por la variación de la inflación y del producto real o nominal. Para ello evalúan el desempeño de un número importante de reglas simples, tipo Taylor, en el contexto de un modelo macro-económico para una pequeña economía abierta (calibrado con datos de Noruega). Utilizan la versión de una función de pérdida estándar cuadrática, que representa los objetivos de la política monetaria bajo regímenes de objetivos de inflación flexible y estricta. Dicha función pondera la varianza de la brecha de inflación respecto a la inflación objetivo y la varianza del producto respecto a su nivel de equilibrio.

El objetivo de los autores consiste en determinar si un banco central con un esquema de objetivos de inflación y preferencia por la estabilidad financiera y del producto puede tener un mejor desempeño incorporando en su regla de política movimientos de precios de activos. Entre los resultados que obtienen, resaltan el hecho de que todas las reglas contribuyen a disminuir la varianza del crecimiento de la inflación y del producto relativo a sus varianzas observadas en el periodo de simulación. Asimismo, la volatilidad de una variable disminuye cuando, además de incluir el crecimiento de la inflación y el producto en la regla de política, se incorpora esa variable.

Ozdemir (2013b) analiza el impacto que tienen los choques externos en pequeñas economías abiertas. El autor menciona que los choques pueden afectar a una economía de manera directa o indirecta, por lo que desarrolla un modelo para tres países basándose en el trabajo de Svensson (2000) y combinándolo con el de Clarida et al. (2002) para enfocarse en los choques indirectos⁷. Para ello, aquellas sorpresas que afectan a los mercados internacionales pueden afectar el comportamiento de una economía grande, los efectos colaterales de las decisiones que sean llevadas a cabo por dicha economía son las que se transmiten a la pequeña economía. Uno de los resultados que muestra es que excluyendo los efectos indirectos un monto importante de volatilidad es ignorada.

⁷Los choques indirectos son aquellos que afectan a otro país antes de llegar a la pequeña economía. Encuentran que una pequeña economía puede ser afectada por dos tipos de choques a la vez: el de mercado y el que resulta del cambio de comportamiento de una economía grande.

3. Modelos

3.1. Modelo Estructural

Para la construcción de un modelo estructural [Cecchetti et al. \(2006\)](#) mencionan ciertas características que deben ser satisfechas, entre ellas destacan el hecho de que se busca un modelo parsimonioso capaz de caracterizar la dinámica de la economía en consideración. Un modelo que no solo se ajuste a los datos y proporcione estimadores apropiados para la construcción de la frontera de Taylor, sino también debe ser simple para poder aplicar técnicas de simulación y así poder evaluar con confiabilidad las cantidades de interés.

Por esa razón, el modelo que se utiliza en este trabajo esta conformado por tres ecuaciones de comportamiento: una curva de demanda agregada dinámica, una curva de oferta agregada y una ecuación para el tipo de cambio:

$$y_t = \alpha_{20} + \sum_{i=1}^4 \alpha_{2i} y_{t-i} + \sum_{i=1}^2 \alpha_{2i+4} e_{t-i} + \alpha_{27} (r_t - i_t^*) + \alpha_{28} cr_t + \epsilon_{2t} \quad (7)$$

$$\pi_t = \alpha_{10} + \sum_{i=1}^3 \alpha_{1i} \pi_{t-i} + \sum_{i=1}^2 y_{t-i} + \epsilon_{1t} \quad (8)$$

$$e_t = \alpha_{30} + \sum_{i=1}^2 \alpha_{3i} e_{t-i} + \sum_{i=1}^2 \alpha_{3i+2} y_{t-i} + \alpha_{35} r_t + \epsilon_{3t} \quad (9)$$

La ecuación (7) representa la curva de demanda agregada, ésta relaciona la brecha del logaritmo de la producción industrial (y_t) respecto a su media anual con tres de sus rezagos, dos rezagos de la brecha del logaritmo del tipo de cambio nominal (e_t) respecto a su media anual, la brecha entre la tasa de interés real de México y la tasa de interés nominal de Estados Unidos ($r_t - i_t^*$), asimismo se incluye una variable dicotómica (cr_t) que captura los periodos donde el indicador adelantado del INEGI dio un giro. La ecuación (8) es una curva de oferta agregada, así, la inflación está en función de tres de sus rezagos y dos rezagos de la brecha del producto. Del mismo modo, la ecuación (9) modela la desviación logarítmica del tipo de cambio nominal de su tendencia anual en función de dos de sus rezagos, de valores atrasados de la diferencia logarítmica del producto y de la tasa de interés real.

Se asume que los errores (ϵ_{1t} , ϵ_{2t} y ϵ_{3t}) se distribuyen con media cero y varianza constante. Los datos utilizados provienen del Banco de México y del INEGI. Puesto que y_t , π_t y e_t son endógenas, cada ecuación puede ser estimada por separado mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO) en

el periodo 1995q1–2014q4. Una vez que se estima el modelo su desempeño debe ser evaluado con un modelo de vectores auto-regresivos (VAR), lo anterior se presenta en la siguiente sub-sección.

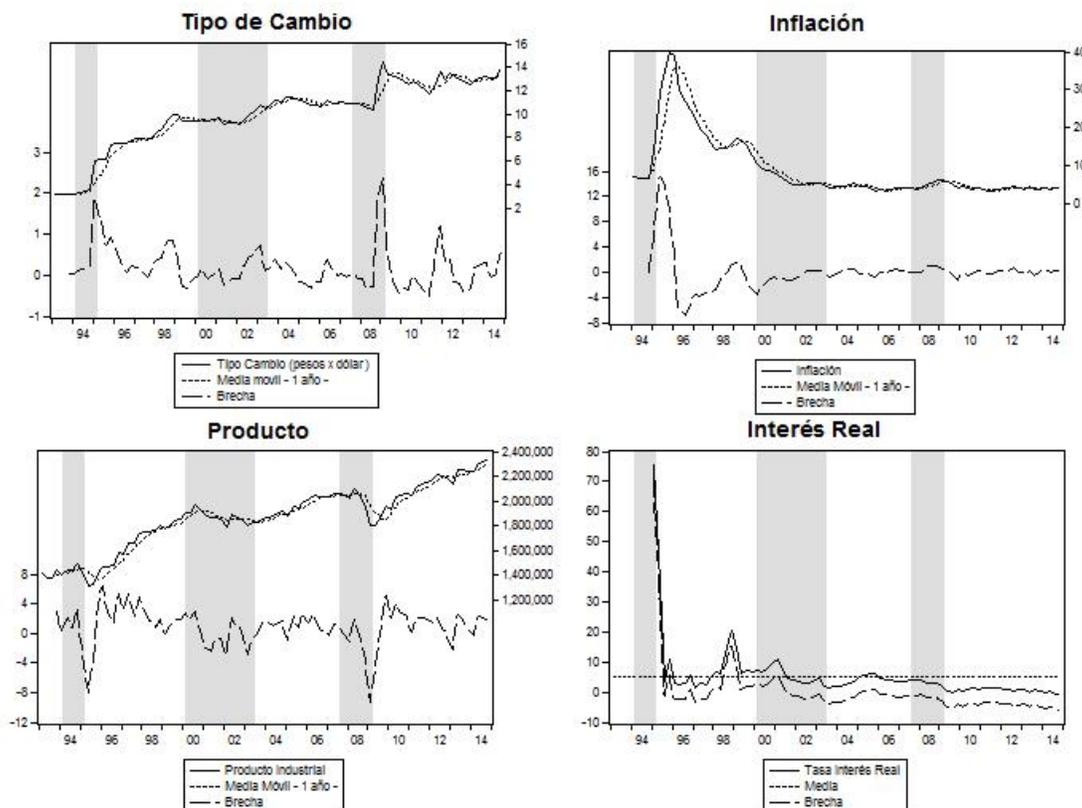


Figura 4: Datos utilizados para estimar los parámetros del modelo estructural.

Los parámetros estimados de las ecuaciones (7), (8) y (9), utilizando el periodo 1995q4 – 2014q4, se muestran en el cuadro 1, (los errores estándar de los estimadores en paréntesis, además se incluyen los errores estándar de los residuos y el estadístico Durbin-Watson.) Ya que se trata de un modelo backward-looking la crítica de Lucas puede tener cierta fuerza. Para ello, se realizaron pruebas de estabilidad como la de Andrews-Quant, la cual evalúa todos los puntos de rompimiento estructural que se encuentran en el 70 % de la muestra.

3.2. Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR)

A partir del artículo seminal de Sims (1980) se desarrolló una metodología conocida como Vectores Autorregresivos (VARs). Un modelo de vectores autorregresivos consiste en un sistema de n -ecuaciones y n -variables, en donde cada variable es explicada por sus rezagos y los rezagos o

Cuadro 1: Modelo Estructural, estimación parámetros.
Período: 1995Q1-2014Q4.

	y_t		π_t		e_t	
<i>-cons</i>	1.07	(0.33)	-0.13	(0.09)	-0.02	(0.06)
y_{t-1}	0.44	(0.11)	-0.08	(0.04)	-0.01	(0.02)
y_{t-2}	-0.001	(0.11)	-0.01	(0.04)	-0.02	(0.02)
y_{t-3}	-0.27	(0.10)				
y_{t-4}	0.20	(0.09)				
e_{t-1}	-2.22	(0.49)	0.68	(0.10)		
e_{t-2}	1.23	(0.57)			-0.46	(0.11)
cr_t	-1.84	(0.50)				
$r_t - i_t^*$	0.01	(0.01)				
π_{t-1}			0.97	(0.07)		
π_{t-2}			-0.25	(0.10)		
π_{t-3}			-0.17	(0.06)		
r_t					0.01	(0.003)
SE ¹	1.73		0.793		0.377	
DW ²	2.1		1.93		1.82	

¹ Error estándar del modelo.

² Estadístico de Durbin-Watson.

valores actuales de las variables restantes. Como lo mencionan [James H. Stock y Mark W. Watson \(2001\)](#) modelos de este tipo son útiles para el trabajo de macro-econometría ya que permiten, a quien los utiliza, realizar algunas de las tareas más comunes en el análisis macroeconómico, i.e. descripción de datos, predicción, inferencia estructural y análisis de política⁸.

Otra característica importante de estos modelos es que capturan la dinámica no-teórica de los datos, de ahí que, mediante la utilización de un modelo VAR se busca capturar dicha dinámica para la inflación, el producto, tasa de interés real y tipo de cambio nominal durante el periodo que va desde el primer trimestre de 1995 al cuarto trimestre del 2014. La elección del periodo para estimar los parámetros responde a la disponibilidad de los datos y al hecho de que el número de parámetros que se estiman en un VAR crece rápidamente con los rezagos utilizados⁹. Lo anterior conlleva la existencia de un *trade-off* entre la significancia de los estimadores y la parsimonia del modelo, ya que si se tienen pocas observaciones y muchos parámetros la varianza de los estimadores puede aumentar llevando a rechazar la hipótesis nula de que el estimador sea distinto de cero.

⁸Los mismos autores evalúan el desempeño de modelos VAR al realizar las cuatro actividades, encuentran que han sido poderosos y confiables para la descripción de los datos y el pronóstico. Sin embargo, es difícil generalizar respecto a la inferencia estructural y análisis de política, ya que lo anterior requiere hacer una diferencia entre correlación y causalidad.

⁹Si se tienen g ecuaciones, una para cada una de las g variables y k rezagos para cada variable en las ecuaciones, entonces se tienen que estimar $(g + kg^2)$ parámetros.

Los datos utilizados para la estimación de los parámetros del VAR son las mismas transformaciones para la inflación, interés, producto y tipo de cambio nominal utilizadas para el modelo estructural. Previamente se revisó que las series fueran estacionarias¹⁰, para lo cual se utilizaron las pruebas Dicky-Fuller aumentada (ADF), Phillips-Perron (PP) y Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS)¹¹. En particular, se utilizó lo que en la literatura se conoce como un VAR en *forma reducida*¹², es decir, cada variable se expresa como una función lineal de sus valores pasados, los valores pasados de las variables restantes y un término de error no correlacionado serialmente con las otras ecuaciones.

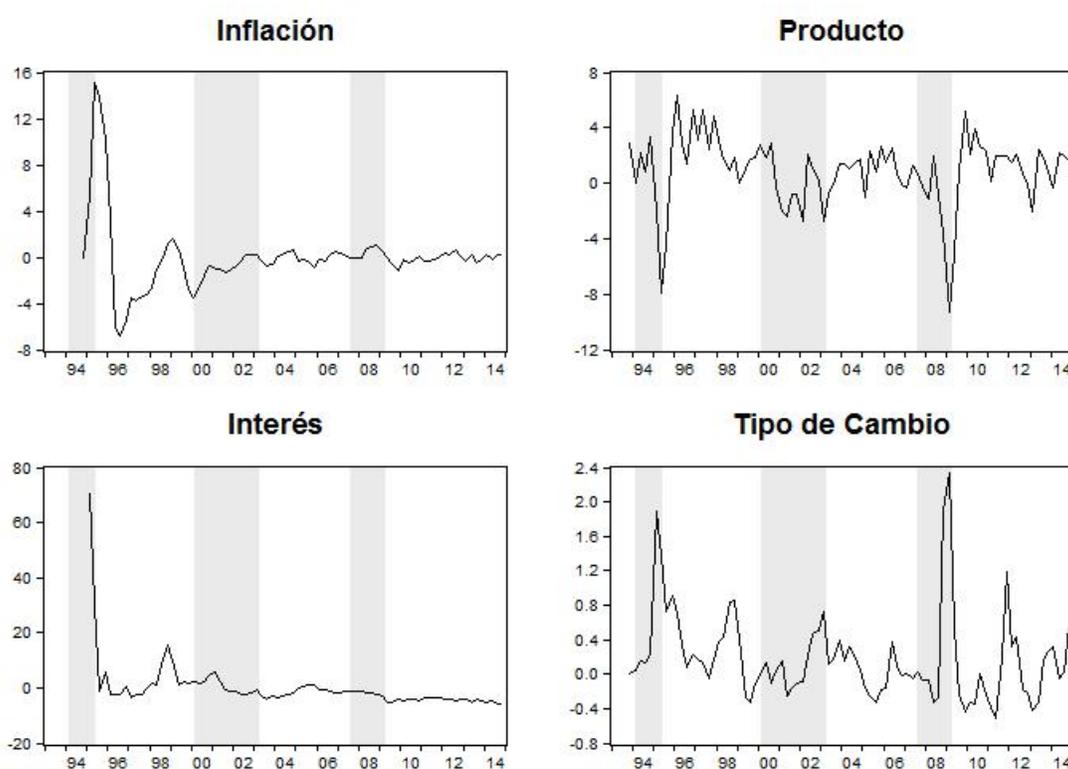


Figura 5: Datos utilizados para estimar los parámetros del modelo VAR.

Al trabajar un VAR en *forma reducida* la estimación también puede realizarse por mínimos

¹⁰Los resultados de dichas pruebas se encuentran en el anexo de tablas. Brooks (2008) menciona que si se busca realizar pruebas de hipótesis, ya sea de manera individual o conjunta, para examinar la significancia estadística es necesario que los componentes del VAR sean estacionarios.

¹¹La prueba ADF y PP tienen como hipótesis nula que la serie tiene raíz unitaria, mientras que la prueba KPSS tiene como hipótesis nula que la serie es estacionaria. En los dos primeros casos se rechaza la hipótesis nula y en el tercero no es posible rechazarla.

¹²Además de la especificación mencionada se encuentra el VAR *recursivo* (el cual construye el término de error de cada regresión de tal forma que no esté correlacionado con los errores de ecuaciones previas), y el VAR *estructural* (utiliza la teoría económica para establecer las relaciones entre variables)

cuadrados ordinarios (MCO). Se realizaron varias estimación, y se encontró que el número de rezagos que minimiza el criterio de información de Akaike es de tres, es así que se estima un VAR con cuatro ecuaciones y tres rezagos. Además, [Brooks \(2008\)](#) sugiere utilizar el estadístico F para determinar la significancia en conjunto de los parámetros en cada ecuación del sistema¹³, los resultados se encuentran en el anexo.

3.3. Desempeño modelo estructural & VAR

Como ya se menciona el modelo VAR proporciona la dinámica no teórica de los datos, mientras que el modelo estructural busca capturar ciertos elementos teóricos, además de que éste último puede entenderse como un VAR restringido. Para comparar el desempeño del modelo estructural con respecto al VAR se utilizan los criterios de información, las funciones impulso-respuesta (*irf*), entre otros.

Por consiguiente, siguiendo los trabajos de [Glenn Rudebusch y Lars E.O. Svensson \(1999\)](#), [Ball \(1999\)](#) y [James H. Stock y Mark W. Watson \(2001\)](#) se consideran dos formas de evaluar el desempeño del modelo estructural respecto al modelo VAR, la primera consiste en observar el comportamiento de las funciones impulso-respuesta, i.e. el modelo VAR nos indica cual sería la trayectoria de cada una de las variables endógenas ante un choque aleatorio por las características mismas de los datos, mientras que el modelo estructural trata de capturar la dinámica de los datos basandose en alguna teoría económica. Así, en caso de que se observe alguna diferencia entre las (*irf*) obtenidas con el VAR y las obtenidas mediante el modelo estructural, entonces dicha discrepancia puede ser atribuida a las restricciones impuestas al modelo estructural. Para la segunda se comparan los valores de los criterios de información y se elige el modelo cuyo criterio sea menor.

3.3.1. Criterios de información

La primera opción considerada para evaluar el desempeño del modelo es comparar los respectivos valores del criterio de información de Akaike (AIC)¹⁴ y Schwarz (SBIC)¹⁵. La regla de decisión se basa en elegir el modelo con el menor valor, como puede observarse en el Cuadro 2 tanto en el AIC como en el SBIC el modelo estructural toma el valor más pequeño. En general no es posible hacer comparaciones cruzadas de dichos criterios, sino que se compara el mismo criterio para cada modelo.

¹³Lo que puede suceder es encontrar que el parámetro correspondiente a un rezago no sea significativo, o que la significancia del parámetro disminuya al aumentar los rezagos utilizados.

¹⁴AIC no es consistente pero generalmente es eficiente, en este caso, con una muestra pequeña se privilegia su uso.

¹⁵SBIC es fuertemente consistente pero ineficiente.

Cuadro 2: Criterios de Información

	Modelo Estructural		VAR	
	AIC ¹	SBIC ²	AIC	SBIC
Demanda	4.019931	4.287909	4.077546	4.473254
Oferta	2.448937	2.630223	2.460114	2.855822
Tipo de cambio	0.981623	1.160274	1.076463	1.47217

¹ Criterio de Información de Akaike.

² Criterio de Información Bayesiano de Schwarz.

3.3.2. Funciones impulso-respuesta

Una función impulso-respuesta muestra la senda de las variables dependientes en el modelo estructural o el modelo VAR, ante cambios exógenos de las variables independientes. Las gráficas que se muestran a continuación indican la evolución para cada uno de los modelos considerados ante un choque unitario de oferta, demanda y en el tipo de cambio, respectivamente. Como se puede apreciar, el modelo estructural se ajusta en la mayor parte de los casos a la dinámica del modelo VAR.

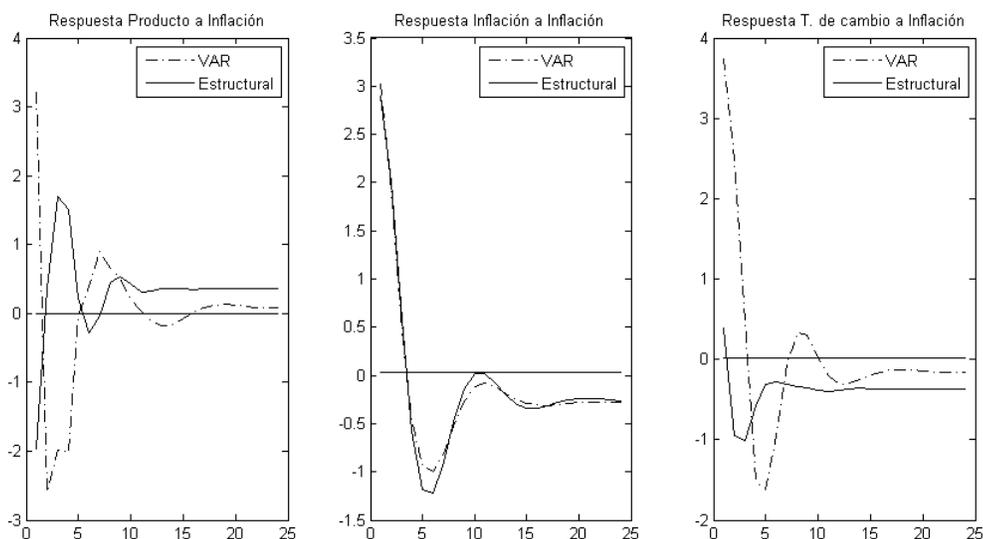


Figura 6: Choque de oferta.

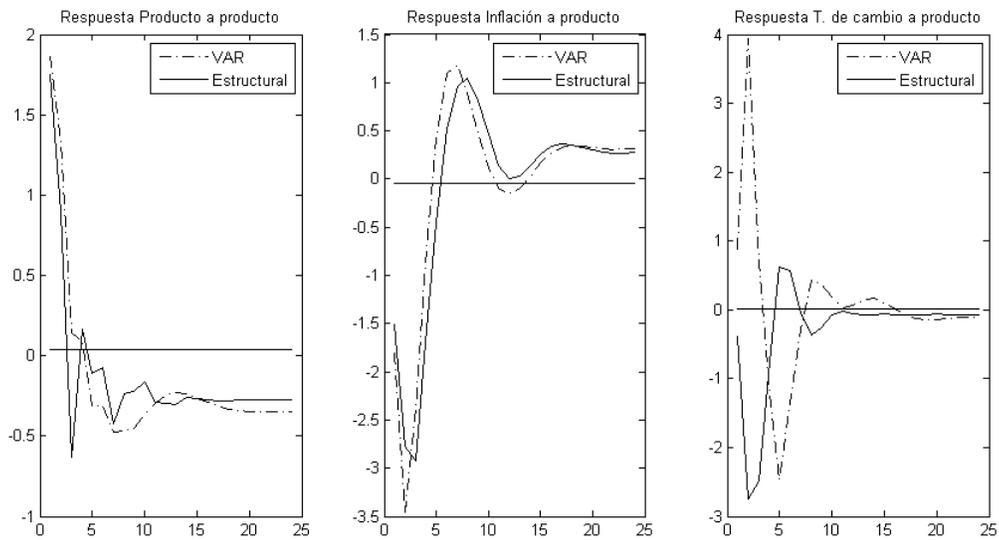


Figura 7: Choque de demanda.

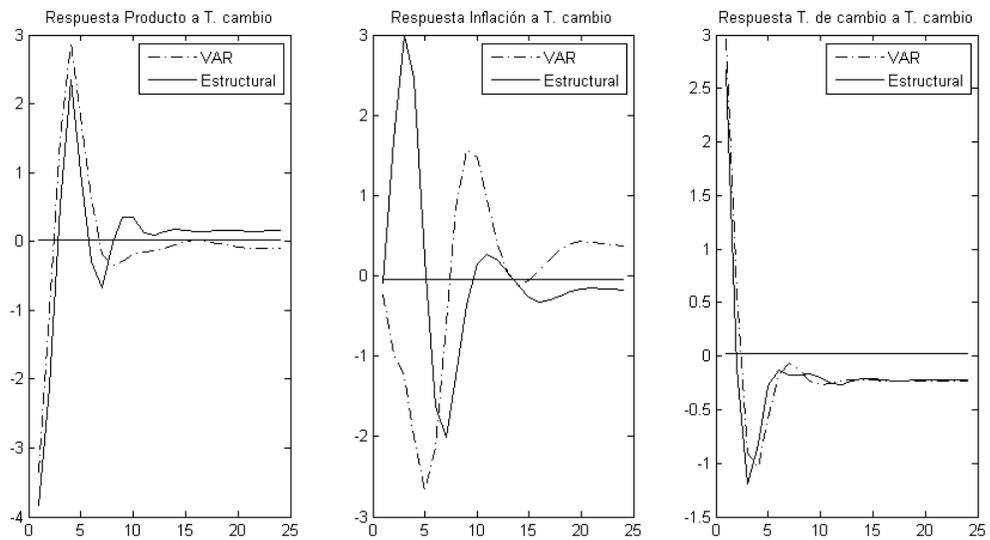


Figura 8: Choque en tipo de cambio.

4. Frontera de Taylor

De acuerdo a [Stephen G. Cecchetti y Michael Ehrmann \(1999\)](#), dado que los bancos centrales consideran gran número de información para lograr sus objetivos, no es posible describir el proceso de toma de decisiones analíticamente. Así que, para poder formular el problema de los encargados de política de una forma que permita resolverlo analíticamente, puede asumirse que los objetivos de la autoridad monetaria son representados en una función de pérdida cuadrática, i.e. se busca minimizar la suma ponderada de variación de inflación, producto y tipo de cambio.

$$E[L] = \lambda E(\pi - \pi^*)^2 + (1 - \lambda)E(y - y^*)^2 + v(e - e^*)^2 \quad (10)$$

En la ecuación (10), $v \geq 0$ y $\lambda \in [0, 1]$ son parámetros de preferencia que indican los pesos relativos dados por la autoridad monetaria, a las varianzas de la inflación y el producto. [Stephen G. Cecchetti y Michael Ehrmann \(1999\)](#) mencionan que la función (10) es simétrica, ya que el Banco Central da igual peso a variaciones del producto o de la inflación respecto a los valores deseados. Para resolver el problema anterior es necesario conocer la dinámica del producto, la inflación y la tasa de interés.

Una característica de la frontera eficiente es que permite evaluar el desempeño de la política monetaria. Para mediar la volatilidad del producto y la inflación, se supone que los encargados de la política monetaria están interesados en lograr un objetivo de inflación y minimizar la volatilidad del producto alrededor de su nivel potencial. Así, la localización de la frontera de Taylor depende de la variabilidad de los choques agregados de oferta, una variabilidad menor implica una frontera más cerca al origen. Si la política monetaria es óptima, entonces la economía estará en la frontera. El punto exacto depende de las preferencias del encargado de la política acerca de la estabilidad del producto y la inflación.

4.1. Estimación de la frontera eficiente.

Para estimar la frontera eficiente se utiliza una función de pérdida, en éste caso, se considera la función presentada en párrafos anteriores, la cual pondera la varianza de la inflación, el producto y el tipo de cambio nominal, *vid supra*. Se trata a la política como una solución a un problema de control óptimo en el cual la senda de la tasa de interés se selecciona para ubicar a la economía en el punto de la frontera que minimiza la pérdida. Se calcula la función de reacción de política que minimiza la pérdida sujeta a la restricción que es impuesta por la estructura de la economía. Para una función de pérdida dada con una ponderación particular de variación de producto e inflación

se establece un punto de la frontera. Conforme se cambia el dicho peso relativo es posible trazar toda la frontera.

En términos generales, el procedimiento que se sigue para estimar la frontera es:

1. Estimación modelo estructural simple.
2. Considerar un número de evaluaciones de diagnóstico y especificación para determinar qué tan adecuado es el modelo.
3. Construcción de la frontera eficiente a partir del modelo estimado.

4.1.1. Representación estado-espacio.

El modelo (7), (8) y (9) tiene una conveniente representación **estado-espacio**.

$$Y_t = BY_{t-1} + ci_{t-1} + \delta X_{t-1} + v_t \quad (11)$$

$$Y_t = \begin{bmatrix} \pi_t \\ \pi_{t-1} \\ \pi_{t-2} \\ y_t \\ y_{t-1} \\ y_{t-2} \\ y_{t-3} \\ e_t \\ e_{t-1} \end{bmatrix} \quad B_t = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} & \alpha_{15} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\alpha_{27} & 0 & 0 & \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} & \alpha_{24} & \alpha_{25} & \alpha_{26} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\alpha_{35} & 0 & 0 & \alpha_{33} & \alpha_{34} & 0 & 0 & \alpha_{31} & \alpha_{32} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$c = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \alpha_{27} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \alpha_{35} \\ 0 \end{bmatrix} \quad \delta = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \alpha_{27} & \alpha_{28} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad X_t = \begin{bmatrix} i^* \\ cr_t \end{bmatrix}$$

Así, el problema de control óptimo se puede escribir de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \min_{i_t} \quad & E [Y_t' \Lambda Y_t] \\ \text{s.a.} \quad & Y_t = BY_{t-1} + ci_{t-1} + \delta X_{t-1} + v_t \end{aligned}$$

donde:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (1 - \lambda) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

El problema de control se completa con la siguiente ecuación para la variable de control¹⁶:

$$i_t = \Gamma Y_t + \Psi \tag{12}$$

El vector Γ indica cuales son los coeficientes de reacción de la autoridad monetaria ante cambios en la inflación y el producto. Ψ es una constante que depende de los términos constantes del modelo. El problema de control óptimo consiste en minimizar (10) sujeto a la ecuación que describe la dinámica de la economía (11). En otras palabras, se debe encontrar la trayectoria óptima para la tasa de interés sujeto a la dinámica de la economía. Antes de continuar debe notarse que en la matriz Λ el ponderador del tipo de cambio en la función de pérdida de la autoridad monetaria toma el valor de cero. Se realizaron diversas estimaciones asignando valores en el rango $[0, 1]$ permitiendo en cada ocasión que $\lambda \in [0, 1]$, por lo tanto, se obtuvo una frontera en cada simulación, los resultados se muestran en el anexo.

Ahora bien, el único vector desconocido en el sistema es Γ , éste se calcula de manera iterada utilizando la matriz B, el vector c y la matriz Λ (como matriz inicial) en el siguiente sistema de ecuaciones¹⁷:

¹⁶Stephen G. Cecchetti y Michael Ehrmann (1999) mencionan que la intuición detrás de una regla de política lineal es resultado de asumir objetivos lineales del encargado de política, además de asumir lineal la estructura de la economía.

¹⁷Los sistemas que permiten estimar Λ y las varianzas óptimas se pudieron resolver como lo describen Stephen G. Cecchetti y Michael Ehrmann (1999) y Svensson (2000), el procedimiento utilizado en ambos artículos se basa en el trabajo titulado: *Analysis and Control of Dynamic Economic Systems* de Gregory C. Chow, 1975.

$$\Gamma = -(c' H c)^{-1} c' H B \quad (13)$$

$$H = \Lambda + (B + c\Gamma)' H (B + c\Gamma) \quad (14)$$

Una vez que se obtiene Λ es posible estimar las varianzas óptimas para la inflación y el producto ante distintos valores de λ , para ello se resuelve el siguiente sistema de ecuaciones y se toman los elementos primero y cuarto de la diagonal principal de la matriz resultante, con ellos se construye la frontera eficiente¹⁸ que se presenta en la Figura 9.

$$E(Y_t)(Y_t') = (B + c\Gamma)E(Y_{t-1})(Y_{t-1}') (B + c\Gamma)' + E v_t v_t' \quad (15)$$

$$\Omega = (B + c\Gamma)\Omega(B + c\Gamma)' + V \quad (16)$$

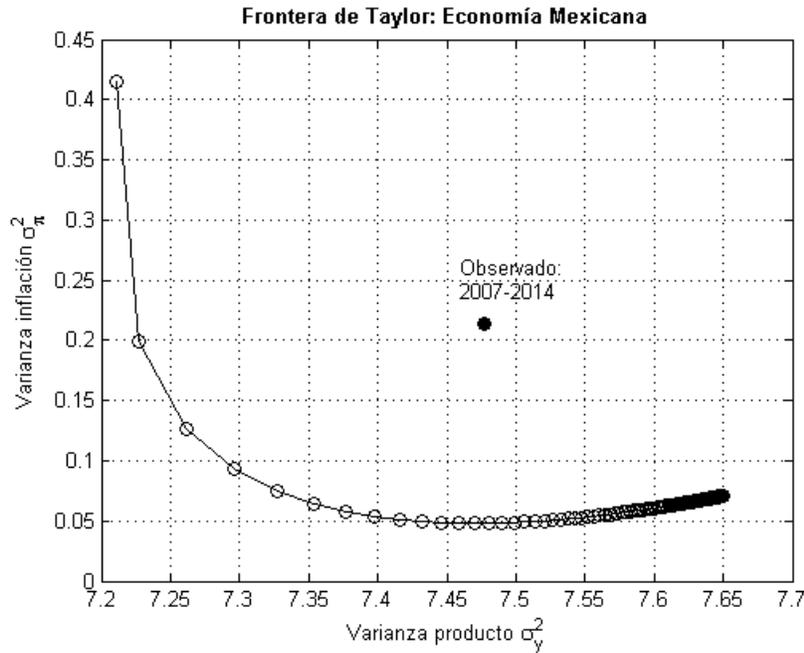


Figura 9: Frontera eficiente, 2007-2014.

¹⁸Los valores estimados para la frontera son muy pequeños, así que para poder graficarlos junto con las varianzas observadas, la frontera se acercó a ese punto sin cambiar su forma, solamente se alejó monótonamente desde el origen.

5. Resultados

Como se mencionó en la sección 3, cada ecuación del modelo estructural, i.e. (7), (8) y (9), fue estimada por MCO. Por lo tanto, para las transformaciones del producto, de la inflación y del tipo de cambio nominal se obtuvieron sus correspondientes errores, estos son los choques que se observaron para el periodo de estudio. De ahí, la simulación realizada¹⁹ consiste en hacer endógena una variable, en este caso la tasa de interés, y establecer una regla o forma de operación para dicha variable. Una vez se realizó ese proceso, se utilizaron los errores estimados en las ecuaciones de comportamiento y se simuló respuestas de las variables dependientes ante los choques históricos, esto permitió estimar varianzas y analizar sus correspondientes sendas.

Una característica del modelo estructural es que no se encuentra micro-fundamentado y por consiguiente no es posible realizar análisis de bienestar. Sin embargo, una de las ventajas de emplear un procedimiento como el descrito en el párrafo anterior y en particular construir una frontera eficiente, es encontrar un umbral a partir del cual (dadas ciertas preferencias de la autoridad monetaria por variables específicas) se pueden comparar varianzas de inflación, producto o tipo de cambio.

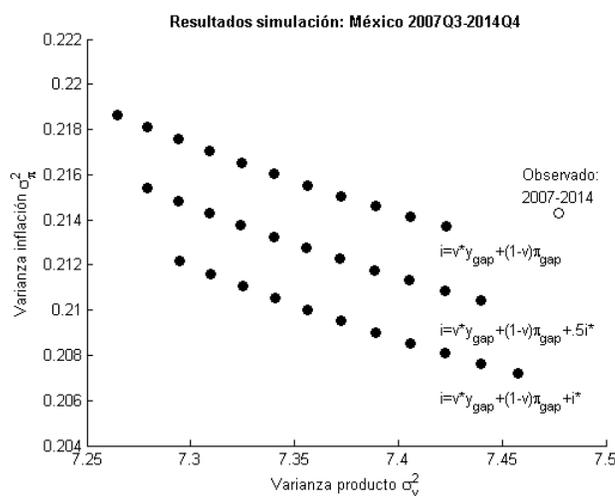


Figura 10: Simulación reglas de Taylor, 2007-2014

La Figura 10 resume los resultados obtenidos a partir de realizar el procedimiento de simulación²⁰. En el eje de las abscisas se encuentra la varianza del producto, mientras que en el eje de las ordenadas se encuentra la varianza de la inflación. Cada punto es resultado de una simulación con una

¹⁹Gran parte del trabajo de simulación fue posible gracias a la guía que ofrece Smant (2010).

²⁰En el Anexo de Cuadros se encuentra la tabla que contiene la información presentada en la gráfica.

regla tipo Taylor distinta²¹.

Por ejemplo, considérense los puntos con mayor varianza de inflación de la Figura 10. Para su construcción, la tasa de interés de México podía responder a la inflación y el producto domésticos pero no podía responder al tipo de cambio. El punto más cercano al punto no relleno corresponde a una tasa de interés que sólo responde a la inflación, pues la ponderación del producto es cero. En México, con una conducción estricta de la política monetaria en un esquema de objetivos de inflación, se podría esperar que los puntos mencionados estuvieran en la misma posición, pero debe recordarse que hay ciertos factores que no se consideran en el modelo e influyen en la posición de la coordenada que describe el resultado de la simulación. Sin embargo, el resultado es muy cercano.

Ahora bien, conforme se permite que la tasa de interés doméstica responda no sólo al producto y la inflación internos, sino que también a la tasa de interés externa hay una ganancia de varianza de la inflación tanto de producto como de tipo de cambio ya que se está más cerca de la frontera de Taylor y al origen. Por ello, la Figura 11 agrupa los resultados de la simulación y los que dan forma a la frontera eficiente. Debe notarse, que hay un límite a la respuesta de la tasa de interés doméstica para reaccionar a la tasa de interés externa, sin que deje de aumentar la varianza de las variables de interés. Lo anterior es resultado de observar que conforme se da más peso a la tasa de interés externa hay una ganancia con respecto a la varianza de la inflación pero se pierde una parte de lo ganado en varianza de producto. i.e. la varianza del producto.

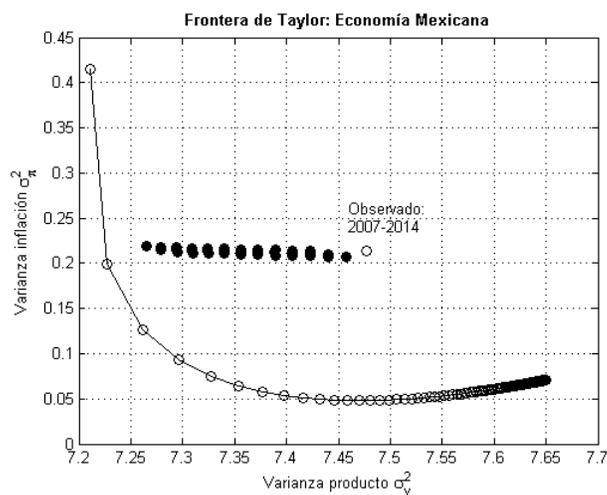


Figura 11: Simulación y frontera eficiente

²¹El punto que no está relleno no es resultado de un proceso de simulación, éste representa la varianza observada de la transformación de la variable de interés en el periodo de estudio.

6. Conclusiones

En México, a partir del 2001 la política monetaria se basa en un esquema de objetivos de inflación estricto. La literatura sobre reglas de Taylor en economías abiertas indica que una regla de conducción de política monetaria óptima debe incluir el tipo de cambio o la tasa de interés externa. El marco teórico utilizado en esta investigación muestra que la respuesta que debe seguir una pequeña economía abierta cuando se da un choque externo, debe ir en la misma dirección del cambio de política implementado por la economía grande.

Cuando se considera la dinámica de las tasas de interés en México y Estados Unidos, es notable que a partir del tercer trimestre del 2007 y hasta finales del 2008, las trayectorias que siguieron ambas variables fueron opuestas. De ahí que, este trabajo se enfoque en la construcción de un escenario contrafactual histórico para mostrar los efectos que podría tener la implementación de distintas reglas de política monetaria, que incluyeran la tasa de interés de Estados Unidos, sobre variables como el producto, la inflación y el tipo de cambio.

Por esa razón, se construyó un modelo estructural (también conocido como modelo restringido) con ecuaciones de comportamiento para el producto, la inflación y el tipo de cambio. El desempeño del modelo fue comparado con el de un modelo de Vectores Autorregresivos VAR (previamente el modelo VAR -en forma reducida- fue elegido entre otros modelos con distinto número de rezagos, determinando el mejor con tres rezagos). Así, para comparar ambos modelos se utilizaron criterios de información (AIC y SBIC) y las funciones impulso-respuesta. Por una parte, el modelo estructural obtuvo los valores más pequeños para ambos criterios de información por lo que se privilegia su utilización. Por otra parte, el modelo restringido mostró un buen ajuste a la dinámica de los datos, i.e. las sendas de las funciones impulso-respuesta del modelo restringido y del modelo VAR siguen una dinámica parecida ante cada uno de los choques de oferta, demanda o de tipo de cambio.

Una vez que se obtuvieron los parámetros del modelo se solucionó el problema de control óptimo, que consiste en encontrar la senda óptima para la tasa de interés nominal a partir de la minimización de una función de pérdida para la autoridad monetaria, la cual incluye la varianza de la brecha de la inflación, el producto y el tipo de cambio sujeto a la dinámica de la economía. Con dicha solución se estimó la frontera eficiente (también conocida como frontera de Taylor), en la que cada punto en la frontera muestra la varianza óptima para las variables mencionadas. Al mismo tiempo, se realizaron simulaciones contrafactuales históricas desde el tercer trimestre del 2007 al cuarto trimestre del 2014, haciendo endógena la tasa de interés de México y permitiendo que ésta reaccionara a la tasa de interés de los Estados Unidos. Para ello se utilizaron distintas

ponderaciones que reflejarían la preferencia del Banco central por la inflación o el empleo.

La simulación contrafactual histórica permite responder a la pregunta: ¿cuál hubiera sido la varianza de la inflación, del producto, del tipo de cambio y de la tasa de interés si la autoridad monetaria de México hubiera actuado considerando en su regla de política la tasa de interés externa? en primer lugar, se observa que el ajuste de los resultados obtenidos mediante la simulación (en términos de la varianza observada de la inflación y del producto durante 2007q1-2014q4) es bueno, ya que, cuando se evalúa una regla de conducción de política que sólo considera la inflación (un régimen de objetivos de inflación estricto) el punto en la frontera es prácticamente el mismo. Es decir, aunque hay diferencias estas pueden ser atribuidas a choques aleatorios que no son explicados por el modelo propuesto.

También se encontró que, en la medida que la autoridad monetaria de México considera la tasa de interés de Estados Unidos en su regla de política, se observa una menor varianza de la inflación, del producto y del tipo de cambio nominal, i.e. las trayectorias de las variables son más suaves. Sin embargo, en ninguna simulación fue posible alcanzar la frontera eficiente (previamente estimada), la cual constituye un punto de referencia con respecto a los valores óptimos para las varianzas. Además, conforme se da más peso al producto y menos a la inflación en las reglas utilizadas, la varianza de la tasa de interés aumenta. Esto puede ser explicado por el papel más activo que tiene la tasa de interés al absorber los choques.

Debe quedar claro que la simulación realizada muestra los resultados de lo que pasaría si no se presentaran choques distintos a los ya observados en la economía. Es decir, es un buen modelo para describir lo que pasaría dentro del periodo de estudio, pero no se podría utilizar con plena confiabilidad para realizar predicciones, pues para ello deberían realizarse otras pruebas y evaluar su desempeño. Como se mencionó anteriormente, implícitamente se hace el supuesto de que los agentes no reaccionan ante los cambios de política, lo cual puede llevar a que la crítica de Lucas tenga cierta validez. Por lo anterior, se realizaron pruebas de cambios estructurales al modelo. Así, una etapa posterior de este trabajo sería realizar una simulación contrafactual pero a partir de un modelo micro fundamentado. Esto también permitiría realizar un análisis de bienestar para evaluar el desempeño de las distintas reglas propuestas.

7. Anexo de Cuadros

Cuadro 3: Datos no transformados.
Pruebas de raíz unitaria

	ADF	PP
PIB	-0.788907	-0.726037
<i>Tipo de cambio</i>	-2.053702	-2.053702
INPC	-1.937646	-1.490672
TIIE	-4.084121	-7.729716
GDP	-1.372646	-1.319573
CPI	0.0076053	0.012721

Hipótesis nula: la serie tiene raíz unitaria, valores críticos al 1 %, 5 % y 10 % de confianza son 3.5, 2.89 y 2.58 respectivamente.

Cuadro 4: Datos transformados.
Pruebas de raíz unitaria

	ADF*	PP*	KPSS**
PIB MX	-5.10011	-4.603684	0.113574
Tipo de cambio (pesos x dólar)	-5.884528	-4.299535	0.244559
Inflación MX	-5.492525	-3.685352	0.077922
PIB US	-2.771607	-2.732576	0.044435
Inflación US	-3.342336	-3.347493	0.190237

* Hipótesis nula: la serie tiene raíz unitaria, valores críticos al 1 %, 5 % y 10 % de confianza son 3.5, 2.89 y 2.58 respectivamente.

**Hipótesis nula: la serie tiene raíz unitaria, valores críticos al 1 %, 5 % y 10 % de confianza son 0.739, 0.463 y 0.347 respectivamente.

Cuadro 5: Modelo VAR, estimacion parámetros.

Período: 1995Q1-2014Q4									
	p_t		y_t		r_t		e_t		
<i>_cons</i>	-0.1403	[-1.1133]	0.3106	[1.0974]	-0.8091	[-2.3419]	0.0736	[1.1662]	
p_{t-1}	0.9746	[8.6119]	0.3773	[1.4849]	0.0629	[0.2028]	0.0654	[1.1548]	
p_{t-2}	-0.2476	[-1.6464]	-0.7639	[-2.2624]	-0.0705	[-0.1710]	-0.0719	[-0.9554]	
p_{t-3}	-0.1695	[-2.1008]	0.3004	[1.6576]	-0.1562	[-0.7060]	0.0248	[0.6142]	
y_{t-1}	-0.1216	[-2.4214]	0.4729	[4.1933]	-0.0498	[-0.3617]	0.0033	[0.1312]	
y_{t-2}	-0.0350	[-0.6135]	0.1862	[1.4550]	0.1639	[1.0493]	0.0156	[0.5450]	
y_{t-3}	0.0791	[1.6622]	-0.1495	[-1.3984]	0.2205	[1.6900]	-0.0073	[-0.3072]	
r_{t-1}	0.0272	[0.8329]	-0.0446	[-0.6070]	0.6776	[7.5627]	-0.0139	[-0.8514]	
r_{t-2}	-0.0958	[-2.4632]	-0.1168	[-1.3388]	0.0621	[0.5826]	0.0009	[0.0437]	
r_{t-3}	0.0462	[2.0606]	0.1707	[3.3916]	0.0722	[1.1749]	0.0115	[1.0258]	
e_{t-1}	-0.1086	[-0.4168]	-1.7078	[-2.9201]	-0.0054	[-0.0075]	0.7893	[6.0518]	
e_{t-2}	-0.2405	[-0.7445]	1.7126	[2.3611]	-0.3949	[-0.4460]	-0.4021	[-2.4855]	
e_{t-3}	0.0252	[0.0899]	0.3947	[0.6268]	0.9828	[1.2784]	0.0185	[0.1318]	
S.E. ¹	0.767013		1.721963		2.102123		0.384014		
F-Stat. ²	39.47983		6.46402		14.56829		4.458598		

¹ Error estándar del modelo.

² Estadístico F.

Cuadro 6: Resultados simulación: varianzas variables endógenas.

λ	<i>regla</i>	Producto	Inflación	T. cambio	Interés
0	1	7.422985	0.213699	0.412584	2.089811
	2	7.457625	0.207181	0.419358	0.207181
	3	7.43985	0.210418	0.415777	0.721918
0.1	1	7.405825	0.214139	0.407905	1.935508
	2	7.440021	0.207624	0.414629	0.149882
	3	7.422468	0.210859	0.411073	0.617293
0.2	1	7.388957	0.214592	0.403311	1.953686
	2	7.422707	0.208079	0.409985	0.265106
	3	7.405377	0.211313	0.406455	0.685157
0.3	1	7.372379	0.215057	0.3988	2.143452
	2	7.405681	0.208548	0.405426	0.551945
	3	7.388576	0.21178	0.401921	0.924611
0.4	1	7.356094	0.215535	0.394373	2.503939
	2	7.388945	0.209029	0.400951	1.009519
	3	7.372065	0.21226	0.39747	1.33478
0.5	1	7.3401	0.216026	0.390028	3.034312
	2	7.3725	0.209523	0.396559	1.636978
	3	7.355846	0.212752	0.393103	1.914821
0.6	1	7.3244	0.216528	0.385766	3.733761
	2	7.356346	0.210029	0.39225	2.433495
	3	7.339919	0.213257	0.388818	2.663918
0.7	1	7.308992	0.217043	0.381585	4.601506
	2	7.340484	0.210548	0.388023	3.398276
	3	7.324285	0.213773	0.384614	3.581282
0.8	1	7.293878	0.217569	0.377486	5.636795
	2	7.324915	0.211078	0.383877	4.530551
	3	7.308943	0.214302	0.380493	4.666153
0.9	1	7.279058	0.218106	0.373467	6.838905
	2	7.309637	0.21162	0.379813	5.829581
	3	7.293895	0.214842	0.376451	5.917799
1	1	7.264532	0.218656	0.369528	8.207138
	2	7.294654	0.212174	0.37583	7.294654
	3	7.279141	0.215393	0.372491	7.335516
Observado		7.477476	0.214288	0.423383	2.53335

$$1: i = \lambda(\pi - \pi^*) + (1 - \lambda)(y - y^*)$$

$$2: i = \lambda(\pi - \pi^*) + (1 - \lambda)(y - y^*) + 0,5i^*$$

$$3: i = \lambda(\pi - \pi^*) + (1 - \lambda)(y - y^*) + i^*$$

Referencias

- Akram, Q. Farooq y Eitrheim, Øyvind (2008). Flexible inflation targeting and financial stability: Is it enough to stabilize inflation and output? *Journal of Banking & Finance*, 32(7):1242–1254.
- Ball, L. (1997). Efficient Rules for Monetary Policy. NBER Working Papers 5952, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Ball, L. M. (1999). Policy Rules for Open Economies. In *Monetary Policy Rules*, NBER Chapters, pages 127–156. National Bureau of Economic Research, Inc.
- Bernanke, B. S., Laubach, T., Mishkin, F. S., and Posen, A. S. (1999). Inflation targeting: Lessons from the international experience. *The Canadian Journal of Economics*, 32(5):1334–1338.
- Brooks, C., editor (2008). *Introductory Econometrics for Finance*. Cambridge University Press, New York.
- Cecchetti, S. G., Flores-Lagunes, A., and Krause, S. (2006). Has Monetary Policy become more Efficient? a Cross-Country Analysis. *Economic Journal*, 116(511):408–433.
- Clarida, R., Gali, J., and Gertler, M. (1997). Monetary Policy Rules in Practice: Some International Evidence. Technical report.
- Clarida, R., Galí, J., and Gertler, M. (2002). A Simple Framework for International Monetary Policy Analysis. CEPR Discussion Papers 3355, C.E.P.R. Discussion Papers.
- Edwards, S. (2015). Monetary Policy Independence under Flexible Exchange Rates: An Illusion? NBER Working Papers 20893, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Esquivel, G. chapter De la inestabilidad macroeconómica al estancamiento estabilizador: el papel del diseño y la conducción de la política económica.
- Frederic Mishkin y Klaus Schmidt-Hebbel (2006). Does Inflation Targeting Make a Difference? Working Papers Central Bank of Chile 404, Central Bank of Chile.
- Glenn Rudebusch y Lars E.O. Svensson (1999). Policy Rules for Inflation Targeting. In *Monetary Policy Rules*, NBER Chapters, pages 203–262. National Bureau of Economic Research, Inc.
- James H. Stock y Mark W. Watson (2001). Vector Autoregressions. *Journal of Economic Perspectives*, 15(4):101–115.
- Ozdemir, N. (2013a). Effects of Monetary Policy Coordination on Small Open Economies. *Emerging Markets Finance and Trade*, 49(3):124–136.

- Ozdemir, N. (2013b). Effects of Monetary Policy Coordination on Small Open Economies. *Emerging Markets Finance and Trade*, 49(3):124–136.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and Reality. *Econometrica*, 48(1):1–48.
- Smant, D. (2010). Estimation and simulation of small macro models - evaluating monetary policy rules.
- Stephen G. Cecchetti y Michael Ehrmann (1999). Does Inflation Targeting Increase Output Volatility? An International Comparison of Policymakers' Preferences and Outcomes. NBER Working Papers 7426, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Svensson, L. E. O. (2000). Open-economy inflation targeting. *Journal of International Economics*, 50(1):155–183.
- Taylor, J. B. (1994). The inflation/output variability trade-off revisited. *Conference Series ; [Proceedings]*, 38:21–24.
- Taylor, J. B. (2013). International monetary policy coordination: past, present and future. BIS Working Papers 437, Bank for International Settlements.
- Williams, J. C. (2014). Inflation targeting and the global financial crisis: successes and challenges. Speech 134, Federal Reserve Bank of San Francisco.

Índice de cuadros

1.	Modelo Estructural, estimación parámetros.	13
2.	Criterios de Información	16
3.	Datos no transformados.	26
4.	Datos transformados.	26
5.	Modelo VAR, estimacion parámetros.	27
6.	Resultados simulación: varianzas variables endógenas.	28

Índice de figuras

1.	Tasas de interés: México y Estados Unidos.	4
2.	Contagio de política: economías igual tamaño, Edwards (2015).	8
3.	Contagio de política: economía grande vs pequeña, Edwards (2015).	9
4.	Datos utilizados para estimar los parámetros del modelo estructural.	12
5.	Datos utilizados para estimar los parámetros del modelo VAR.	14
6.	Choque de oferta.	16
7.	Choque de demanda.	17
8.	Choque en tipo de cambio.	17
9.	Frontera eficiente, 2007-2014.	21
10.	Simulación reglas de Taylor, 2007-2014	22
11.	Simulación y frontera eficiente	23