

Universidad Rafael Landívar
Banco de Guatemala
Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos
Programa de Estudios Superiores



**Estimación del efecto pass through del tipo de cambio bajo distintos
niveles inflacionarios**

Trabajo presentado para optar al título de Maestro en Economía y Finanzas Aplicadas

JORGE GIOVANY ORENOS RODRIGUEZ

Asesorado por Dr. Guillermo Díaz

Guatemala, agosto de 2022

Introducción

1. Revisión literaria

1.1 Definición y consideraciones teóricas

En términos generales el efecto traspaso del tipo de cambio a los precios domésticos (pass-through del tipo de cambio) se puede definir como el efecto de la depreciación nominal del tipo de cambio sobre el nivel general de precios internos de una economía. Autores como Goldberg y Knetter (1996) definen el pass-through como la variación porcentual en los precios de importación en moneda nacional ante un cambio del 1% en el tipo de cambio entre los países exportadores e importadores.

El sustento teórico detrás de la definición anterior se encuentra en la revisión de la Ley de un único precio. En ausencia de cualquier fricción al comercio o costes de transacción esta ley estipula que productos idénticos se venden al mismo precio en distintos países mediados por una moneda común. Formalizando la definición anterior se tendría:

$$P_i = EP_i^*$$

Donde:

P_i Precio del bien i denominado en moneda doméstica

E Tipo de cambio denominado en unidades de moneda doméstica por unidad de moneda extranjera

P_i^* Precio del bien i denominado en moneda extranjera

Asumiendo que la condición anterior se cumple para cada uno de los bienes de la economía¹ la expresión anterior queda términos del nivel general de precios del país doméstico y extranjero:

$$P = EP^*$$

Donde P y P* representan el nivel de precios del país doméstico y extranjero respectivamente.

¹ Goldberg y Knetter en “*Goods Prices and Exchange Rates: What Have We Learned?*” presentan una variante del modelo que considera costos de transacción y barreras al comercio que tiene como resultado un diferencial de precios en ambos países, algo que posibilita el arbitraje entre las economías.

Siguiendo la definición Presentada por Goldberg y Knetter como la respuesta porcentual del nivel de precios ante un cambio porcentual del tipo de cambio, es decir, la elasticidad del nivel de precios domésticos ante el tipo de cambio se obtiene:

$$\varepsilon_{PE} = \frac{\partial P}{\partial E} * \frac{E}{P}$$

$$\varepsilon_{PE} = P^* \frac{E}{P}$$

Dado que $P = EP^*$

$$\varepsilon_{PE} = P^* \frac{E}{EP^*} = 1$$

Por lo que es claro que la elasticidad precio tipo de cambio ε_{PE} es igual a la unidad lo cual implicaría que el pass-through es *completo* y *simétrico* en depreciación como apreciación del tipo de cambio.

Es importante mencionar que la conclusión anterior se construyó sobre el supuesto de ausencia de fricciones al comercio, pero esto no es así en la realidad. Según datos reportados por el Banco mundial la tasa promedio mundial de aranceles para 2017 era de 5.2% por lo que se hace necesario un análisis más complejo para una mejor comprensión y caracterización.

1.2 Efectos de primer y segundo orden

El efecto pass-through se transmite a los precios internos mediante dos tipos de efectos, de primer y segundo orden.

El efecto de primer orden se transmite por medio de dos canales, el primero de ellos es directo y se manifiesta de manera secuencial. Al momento de experimentarse un choque cambiario² en una primera instancia el precio de los bienes importados se ve modificado, estos pueden ser bienes de consumo, insumo o de capital. Si los bienes importados son de consumo el choque se traslada directo al consumidor mientras que para los insumos y bienes de capital primero hay una modificación en la estructura interna de costos de las empresas y estas

² Puede ser una depreciación o apreciación cambiaria.

trasladan el efecto de este choque al consumidor. Como puede observarse en última instancia el peso del choque cambiario recae sobre el consumidor final.

El canal indirecto se manifiesta en los mecanismos que rigen la demanda agregada. Cuando una economía experimenta un choque cambiario se ven modificados los precios relativos con el exterior así, por ejemplo, una depreciación cambiaria conduce a un abaratamiento de los bienes domésticos por lo que la demanda de estos aumentará generando una presión al alza sobre los precios internos. Carranza (2018).

El efecto de segundo orden depende de las expectativas de los agentes y la confianza que estos tengan en la autoridad monetaria, así un entorno de certidumbre en el que la inflación es baja y estable es un escenario en el que las expectativas de los agentes están ancladas a la meta de inflación establecida por la autoridad monetaria por lo que el pass-through será pequeño mientras que un entorno de alta inflación es un escenario de incertidumbre para los agentes económicos que modificarían constantemente sus expectativas y por ende el pass-through sería mayor.

Como puede verse el efecto pass-through no solo depende de la existencia o no de libre comercio entre las naciones, también depende de elementos como el entorno inflacionario y elementos macroeconómicos como la estructura de mercado, elasticidades precio de la demanda y el nivel de rigidez nominal y real en la economía Carranza (2018).

Además de lo anterior se ha observado que las principales características del pass-through son su magnitud, velocidad y la simetría.

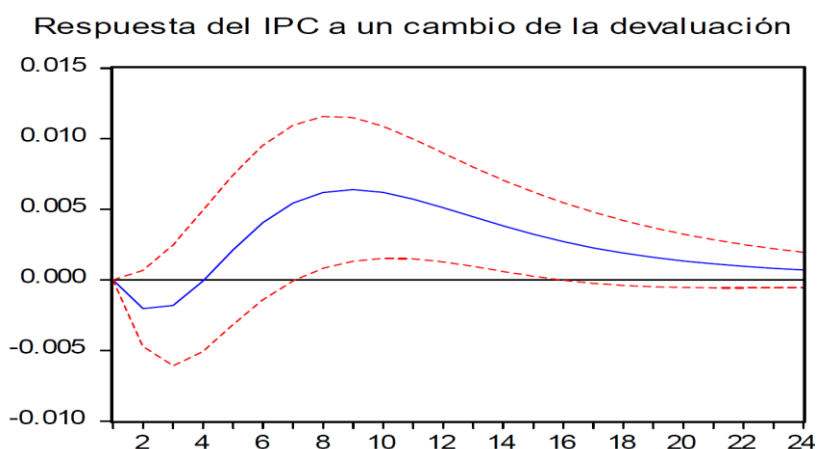
La **magnitud** del coeficiente del pass-through es el que define el tamaño del impacto que este tendrá sobre el nivel general de precios. El coeficiente puede ser tan grande como la unidad de la misma manera en la que se analizó en la Ley de único precio o inferior al mismo.

La **velocidad** se refiere al tiempo que le toma el choque cambiario materializarse en una variación en el nivel de precios. El pass-through puede ser inmediato afectando a los precios en el momento en el que se manifiesta el choque cambiario o puede materializarse en un momento diferente.

Un ejemplo de ello se puede apreciar en la figura 1 que es una función impulso respuesta de un modelo de Vectores Autorregresivos en el cual se observa como la magnitud del pass-through cambia en el tiempo y su impacto desaparece con el mismo.

Figura 1

Función impulso respuesta del efecto pass-through en Costa Rica



Nota: Tomado de *Estimación del Pass-Through en Costa Rica* (p. 120) por Allan Calderón Moya, 2005.

La última de las características es la **simetría**. Esta se refiere a la respuesta de los precios ante distintos tipos de choques mencionándose generalmente los choques de apreciación y depreciación del tipo de cambio en un momento dado. Asumiendo que la respuesta de los precios es simétrica esta se comporta de igual forma y magnitud ante los choques antes descritos.

Además de lo anterior la simetría se ha abordado con bastante amplitud en distintos trabajos y bajo distintas perspectivas, autores como (Brufman, Trajtenberg, & Donaldson, 2016) hacen referencia a los distintos enfoques con lo que se ha abordado la *asimetría* del pass-through mencionando los trabajos de Goldfajn y Werlang (2000) quienes afirmaban que el elemento de asimetría se encontraba en el estado de la actividad económica al momento de experimentarse una depreciación cambiaria encontrando que en periodos de expansión del ciclo económico el efecto pass-through es mayor que en periodos de contracción económica. Otra de las fuentes de asimetría es la dirección del choque cambiario que son expuestas en los trabajos de Goldberg (1995), Mann (1986) y Campa & Goldberg (2002), por otro lado,

Pollard y Coughlin (2004) centraron su enfoque de la asimetría en la dependencia del efecto pass-through del grado del choque cambiario que se experimente.

Finalmente, uno de los mayores aportes al tema de la asimetría del efecto pass-through es el de John Taylor en su trabajo “Low Inflation, Pass-Through, and the Pricing Power of Firms”. Dentro de su trabajo Taylor expone que la magnitud del efecto pass-through depende del contexto inflacionario en el que suceda el choque cambiario así, en periodos de inflación baja y estable el choque cambiario tendría una transmisión débil hacia los precios mientras que en un escenario de inflación alta la magnitud del choque se transmite en un grado mayor a los precios. El trabajo de Taylor es muy importante porque ayudó a cerrar el debate del por qué en la década de los años 90’s la inflación había disminuido. Para Taylor la caída en la inflación no estaba asociada a una caída en el grado en el que las firmas eran capaces de trasladar los cambios en sus costos de producción a los precios, capacidad que regularmente es denominada como “poder de fijación de precios” sino más bien consecuencia de la caída en el nivel de inflación, en este sentido al momento de experimentarse cualquier choque en los costos, incluidos los cambiarios, la capacidad de transmitir el choque a los precios dependerá del estado inflacionario de la economía. Para concluir, Taylor le dio especial importancia a la labor de la autoridad monetaria de mantener la inflación baja y estable ya que la disminución del efecto traspaso es producto de una política monetaria creíble y una autoridad monetaria en la que los agentes económicos tienen confianza.

1.3 Determinantes macroeconómicos del pass-through

En lo referente a este tema el Banco de Guatemala (2005) provee una descripción del conjunto de variable macroeconómicas que determinan el coeficiente del pass-through.

1.3.1 Objetivo de inflación fijado por el Banco Central

Dentro del contexto del Esquema de Metas Explícitas de Inflación, el ritmo de la inflación está supeditado al comportamiento de la política monetaria y las expectativas de inflación de los agentes económicos. En este sentido si sucede una depreciación cambiaria en el corto plazo puede observarse un aumento en la inflación, pero debido a que la meta de inflación

fijada por el Banco Central es creíble la inflación tendrá a ubicarse nuevamente en la meta establecida³.

1.3.2 Credibilidad del Banco Central

Si el Banco Central a lo largo del tiempo ha construido credibilidad mediante la consecución de la meta de inflación el choque cambiario no afectará de manera significativa a los precios. Los agentes económicos pueden confiar en que la autoridad monetaria actuará en función de la consecución de la meta de inflación y en consecuencia sus expectativas no se van a desanclar de ella.

1.3.3 Ambiente inflacionario

El ambiente inflacionario tiene una incidencia directa sobre el coeficiente del pass-through. En escenarios de inflación alta las empresas tienden a cambiar sus precios con una frecuencia mayor que en escenarios de inflación baja por lo que el efecto traspaso será mayor cuando la inflación sea alta.

1.3.4 El ciclo económico

Cuando las empresas incrementan sus ventas ante un aumento en la demanda de sus bienes tienen una facilidad mayor de transmitir cualquier choque en sus costos a los precios, mientras que en un escenario de recesión (caída de la demanda) pierden capacidad de trasladar el choque en los costos a los precios.

1.3.5 El grado de apertura económica

La mayor apertura económica puede traer consigo una mayor dependencia de los bienes importados y por ende una situación más vulnerable ante choques cambiarios. De esta manera, si la economía es altamente dependiente de los bienes importados el efecto pass-through será mayor.

1.4 Determinantes microeconómicos de pass-through

En la teoría microeconómica se han identificado una serie de determinantes microeconómicos del pass-through, en este sentido Miller (2003) sugiere los siguientes:

³ Referencia que va en línea con lo que propone John Taylor.

1.4.1 Política de fijación de precios

Las empresas pueden ejercer un poder monopolístico u oligopólico y discriminar precios entre productos y lugares distintos, en la medida en la cual sea mayor el poder de discriminación menor será el pass-through.

1.4.2 La existencia de costos de menú

Los costos de menú pueden llegar a determinar el grado del pass-through debido a que funcionan como una fuente de rigideces en los precios de la economía. Por ejemplo, cuando se experimentan choques cambiarios las empresas evalúan si modificar sus precios o no debido a que cambiarlos tienen un costo asociado que podrían no asumir y soportar el efecto positivo o negativo del choque cambiario en sus márgenes de ganancia.

1.4.3 Sustitución de productos importados y nacionales

Al momento de ocurrir un choque cambiario, por ejemplo, una de depreciación los agentes económicos evalúan si continuar importando bienes es una decisión racional o la mejor alternativa es sustituir las importaciones por bienes domésticos. Si la sustitución es alta el grado del pass-through será pequeño, por el contrario, si la sustitución es baja el efecto del choque será mayor.

1.4.4 Penetración de importaciones

Si las importaciones como porcentaje de la demanda agregada se consideran como una variable proxy de la penetración de las importaciones en las empresas, aquellos países con una penetración mayor tendrán un mayor pass-through.

1.4.5 Composición de la canasta de precios al consumidor

Si dentro de la composición de la canasta de consumo para la medición del Índice de Precios al Consumidor (IPC) los bienes importados tienen una importancia relevante el pass-through será mayor.

1.4.6 Naturaleza temporal del ajuste cambiario

En la medida en la cual el choque cambiario sea transitorio los productores se verán reacios a modificar los precios debido a los costos de menú, pero si observan que el ajuste no es transitorio entonces van a modificar sus precios y de esta manera materializar el pass-through.

1.5 Política monetaria y tipo de cambio en Guatemala

El presente apartado pretende brindar un contexto sobre los dos tipos de esquema de Política Monetaria que se han implementado en Guatemala en los últimos 30 años y la evolución del tipo de cambio desde su liberación hasta la fecha.

1.5.1 Política Monetaria en Guatemala

Durante los años 90's Guatemala basaba su política monetaria en el esquema de agregados monetarios el cual a su vez se fundamentaba en la teoría cuantitativa del dinero⁴, por lo que el Banco de Guatemala se concentraba en la administración de la Emisión Monetaria para alcanzar el nivel de inflación interna establecido con antelación, aunque es importante mencionar que el establecimiento de la meta de inflación no implicaba un compromiso institucional por parte del Banco de Guatemala (Ortiz Cardona, Castañeda Fuentes, Castillo Maldonado, Galindo Gonzáles, & Gutiérrez Morales, 2019).

La implementación de este esquema fue acompañado de dos reformas financieras relevantes que sucedieron en el año de 1989. Estas consistían en la liberación del tipo de cambio⁵ Guerra Borges (2004) y las tasas de interés Marroquín Fernandez & Herrera Velásquez (2010). En concordancia con lo anterior acompañado de la reducción del uso del encaje bancario como instrumento de control monetario Ortiz Cardona et. al. (2019) señalan que:

“Estas reformas financieras y operativas contribuyeron a aumentar el grado de endogeneidad en la determinación de los agregados monetarios ya que los mismos dejaron de ser función solamente de factores de oferta (bajo el control del Banco de Guatemala) y pasaron a ser determinados conjuntamente por factores de oferta y de demanda. Por lo tanto, la relación entre la emisión monetaria y la inflación, la cual

⁴ La teoría cuantitativa del dinero establece una igualdad fundamental $MV = PQ$ donde M es un agregado monetario, V la velocidad de circulación del dinero, P el nivel general de precios y Q el PIB de un país. Si se conoce cuál será el valor del PIB y la velocidad de circulación del dinero es posible ver el efecto que tienen variaciones en el agregado monetario sobre el nivel general de precios. Por lo que el nivel de inflación dado estaría supeditado a la evolución del agregado monetario.

⁵ Liberar el tipo de cambio es fundamental para la consecución de una política monetaria independiente ya que el Banco Central deja de “defender” constantemente el tipo de cambio y puede concentrarse en la manipulación del agregado monetario de su elección para hacer política monetaria.

denotaba un coeficiente de correlación superior a 80% en las dos décadas previas a la reforma financiera, se redujo durante la década de los noventa.” (P. 5) ⁶

El rompimiento en la relación entre el agregado monetario y la inflación es un hecho relevante puesto que dificulta al Banco Central incidir sobre la inflación haciendo que la Política Monetaria pierda eficacia. Bajo este contexto se hace necesario cambiar el rumbo de la política monetaria y buscar alternativas de ancla nominal⁷ para la implementación de una Política Monetaria eficiente.

En función a lo anterior el Banco de Guatemala se vio obligado a transitar al Esquema de Metas Explícitas de Inflación (EMEI) que fija a la inflación como el ancla nominal de la Política Monetaria, por lo que a inicios de la década de los 2000's hasta el año 2004 se llevó a cabo una serie de medidas macroeconómicas y legislativas que entre otros aspectos modificaron la ley orgánica del Banco de Guatemala y fijaron la estabilidad en el nivel general de precios como el principal objetivo a conseguir.

El artículo 3 de la Ley Orgánica del Banco de Guatemala señala:

“El Banco de Guatemala tiene como objetivo fundamental, contribuir a la creación y mantenimiento de las condiciones más favorables al desarrollo ordenado de la economía nacional, para lo cual, propiciará las condiciones monetarias, cambiarias y crediticias que promuevan la estabilidad en el nivel general de precios.” Ley Orgánica del Banco de Guatemala (2002).

Autores como Mishkin (2007) indican que además de establecer la inflación como ancla nominal el Banco Central debe anunciar la meta de inflación para el mediano plazo además

⁶ La ruptura en la relación existente entre el agregado monetario y la inflación sucedió en varios países como lo ilustra Frederic Mishkin en *Monetary Policy Strategy*.

⁷ Frederic Mishkin en *Monetary Policy Strategy* señala que el ancla nominal es una variable nominal que los responsables de la Política Monetaria utilizan para fijar el nivel de precios por lo que se constituye en un elemento crucial para lograr la estabilidad de precios. En el Esquema de Agregado Monetarios el ancla nominal es un agregado monetario mientras que en el Esquema de Metas Explícitas de Inflación es la propia inflación.

de establecer mecanismos de transparencia y rendición de cuentas, elementos que se adoptaron por parte del Banco de Guatemala en el periodo de transición.

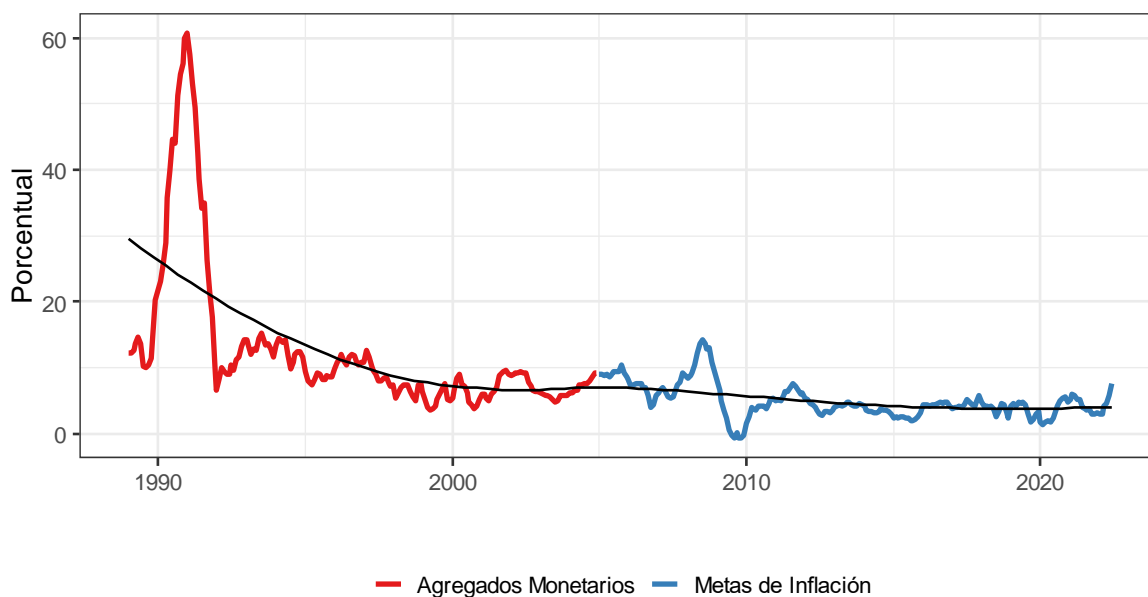
Ortiz Cardona et. al. (2019) señalan al respecto:

“Las reformas efectuadas a la Ley Orgánica del Banco de Guatemala introdujeron las bases para la constitución de un EMEI en el país. En primer lugar, se define con claridad el objetivo fundamental del banco central: la consecución de estabilidad en el nivel general de precios. En segundo lugar, se otorga al banco central autonomía operativa en la selección y gestión de los instrumentos que considere más apropiados para el logro de su objetivo fundamental. Finalmente, se propicia un mayor grado de transparencia de la política monetaria y se establece un mecanismo de rendición de cuentas sobre el actuar del banco central.” (P. 6)

Finalizado el periodo de transición el EMEI se implementó oficialmente en Guatemala desde el año 2005 y desde entonces ha estado vigente teniendo como meta de inflación desde el año 2011 un $4\% \pm 1\%$ como constata la Resolución de Junta Monetaria 171-2011 (2011).

Figura 2

Evolución de la inflación bajo los esquemas de agregados monetarios y metas de inflación



Nota: El gráfico muestra el comportamiento de la inflación bajo los distintos esquemas de política monetaria desde el año 1989 hasta el 2022 ajustada por una línea de tendencia obtenida mediante regresión local con el fin de evidenciar su tendencia. Elaboración propia.

Cómo se evidencia en la figura 2 la reducción en la inflación ha sido notoria desde su pico máximo en enero de 1991⁸ y muestra un comportamiento similar a una serie estacionaria luego de unos años de implementado el EMEI.

Tabla 1

Inflación Media según el esquema de Política Monetaria

Esquema de política monetaria	Media de inflación
Agregados Monetarios (enero 1989 – diciembre 2004)	12.61%
Agregados Monetarios (enero 1992 - diciembre 2004)	8.56%
Metas Explícitas de Inflación	4.91%

Nota: La tabla muestra la inflación media de Guatemala bajo los distintos esquemas de Política monetaria implementados. Elaboración propia.

⁸ Ortiz Cardona et. al. (2019) indican que el Banco de Guatemala comenzó a establecer metas de inflación dentro del contexto del esquema de agregados monetarios desde el año 1991.

En términos de la media la tabla 1 muestra una disminución importante de la inflación incluso si se elimina el pico de inflación mencionado anteriormente y que finalizó en 1992. En este sentido el EMEI parece haber tenido éxito en la reducción de la inflación.

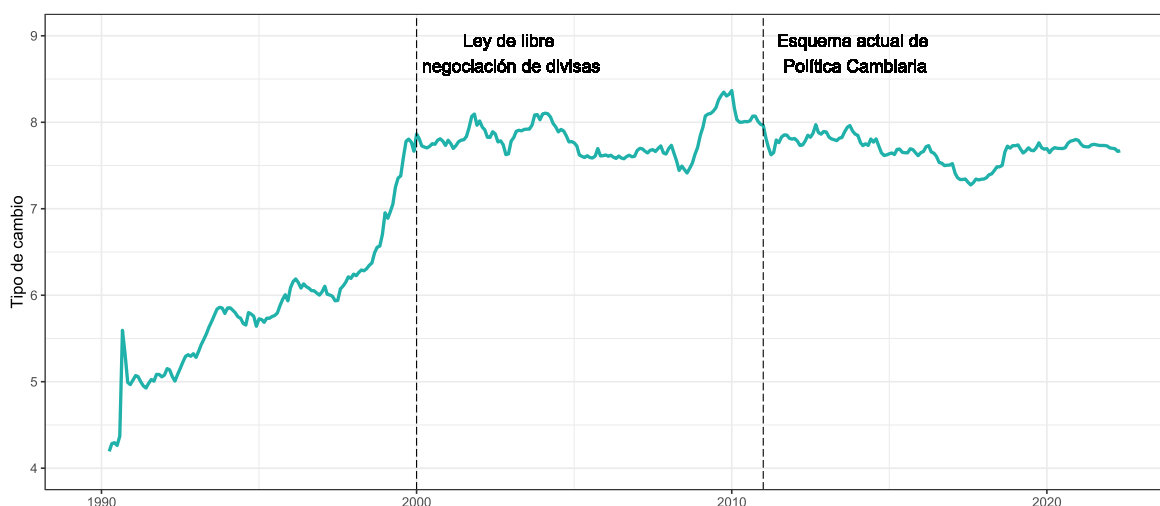
1.5.2 Tipo de cambio en Guatemala

Autores como Guerra Borges (2004) señalan a 1989 como el año en el que se liberó el tipo de cambio y el Banco de Guatemala dejó de intervenir para que el quetzal mantuviera un cierto valor respecto del dólar americano.

La figura 3 presentada a continuación ilustra el comportamiento del tipo de cambio luego de su liberación. Este periodo se caracterizó por una constante depreciación pasando de Q/\$ 3.21 en noviembre de 1989 a Q/\$ 7.70 en mayo de 2000 que es el mes en el que tomó vigencia la Ley de Libre Negociación de Divisas. Además, el tipo de cambio presentó una marcada volatilidad con una desviación estándar de 0.9264 posterior a la liberación mientras que el periodo siguiente a la entrada en vigor de la Ley de Libre Negociación de Divisas la desviación estándar ha sido 0.1972, 4.7 menos volátil que en el periodo inmediato a la liberación.

Figura 3

Evolución del tipo de cambio



Nota: El gráfico presenta la evolución del tipo de cambio desde su liberación hasta mayo 2022 mostrando a su vez los años de la implementación de la Ley de Libre Negociación de Divisas y el esquema de Política Cambiaria que entró en vigor en el año 2011. Elaboración propia.

La ley de Libre Negociación de Divisas significó un hito importante en lo referente al tipo de cambio en Guatemala porque brindo las bases legales e institucionales sobre las cuales los privados podrían tener y llevar a cabo cualquier tipo de transacción que involucre el uso de cualquier divisa incluida la tenencia y manejo de depósitos en moneda extranjera Ley de Libre Negociación de divisas (2000).

Dicha normativa también le otorgó un nuevo rol al Banco de Guatemala como el encargado de calcular y publicar el tipo de cambio de referencia el cual se aplica a “la liquidación de obligaciones tributarias u otras que supongan pagos del Estado o al Estado y sus entidades, así como para la resolución de conflictos en el ámbito administrativo y jurisdiccional”, Artículo 4 Ley de Libre Negociación de Divisas (2000).

Finalmente, el último acontecimiento importante fue la implementación de Política Cambiaria por parte del Banco de Guatemala la cual cobra vida a partir de la resolución de Junta Monetaria 171-2011 y que establece lo siguiente:

“a) Regla de participación

El Banco de Guatemala continuará participando en el mercado cambiario, con el fin de moderar la volatilidad del tipo de cambio, sin afectar su tendencia, de acuerdo con la regla de participación cambiaria contenida en el Anexo 1 de esta resolución.

b) Captación de depósitos a plazos en dólares de los Estados Unidos de América

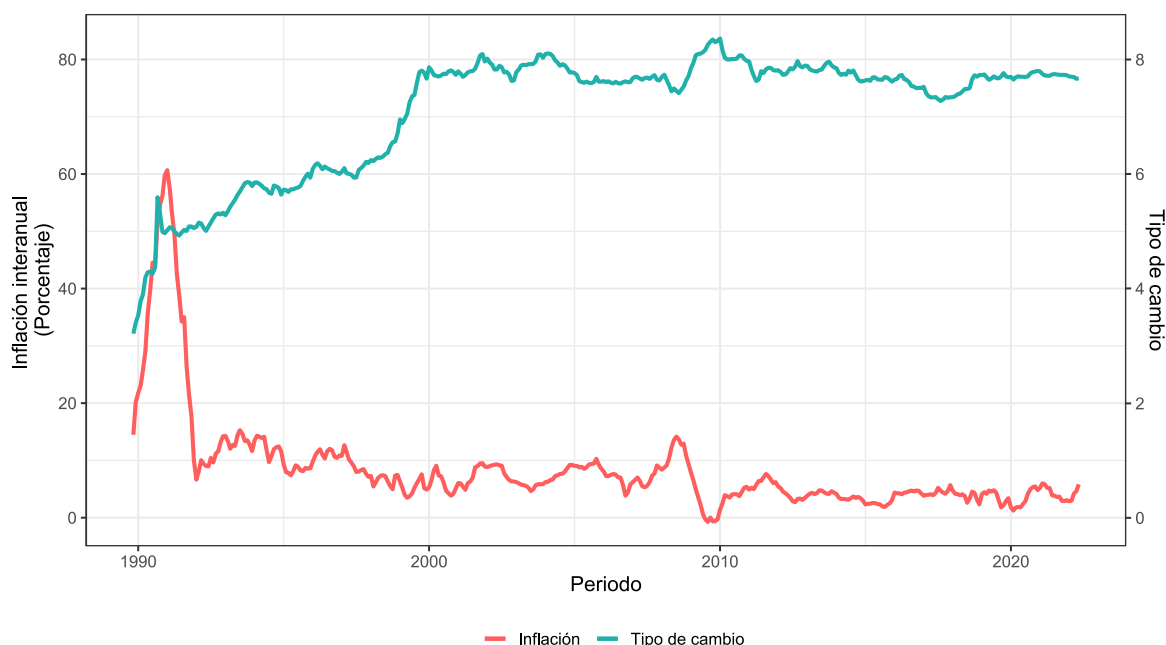
El Banco de Guatemala continuará disponiendo de un instrumento que le permita regular liquidez en moneda extranjera, mediante la captación de depósitos a plazo en dólares de los Estados Unidos de América, con el objetivo de, si las circunstancias lo ameritan, suavizar el comportamiento del tipo de cambio nominal sin afectar su tendencia, de conformidad con lo dispuesto en la resolución JM-99-2004.” (P. 3)

Es importante resaltar el espíritu de la Política Cambiaria el cual consiste únicamente en moderar la volatilidad del tipo de cambio mediante la implementación de una regla de participación⁹ en el mercado cambiario, siendo esto último lo que asegura que el Banco de Guatemala no actúe de forma discrecional sino más bien que lo haga dentro de parámetros preestablecidos evitando así que su participación modifique su tendencia de largo plazo.

Para concluir, en la figura 4 se presenta el comportamiento conjunto de la inflación y tipo de cambio en Guatemala, las variables más importantes dentro del análisis del efecto pass-through.

Figura 4

Comportamiento de la inflación y tipo de cambio en Guatemala



Nota: El gráfico presenta la evolución del tipo de cambio desde noviembre 1989 hasta mayo 2022. Elaboración propia.

⁹ En términos generales la regla de participación consiste en una vigilancia constante de promedios ponderados intradía calculados por el Banco de Guatemala para operaciones de compra y venta sobre los cuales se establece un margen inferior para operaciones de compra y un margen superior para las de venta. Si el tipo de cambio promedio ponderado intradía escapa de los márgenes el Banco de Guatemala activa la regla de participación.

2. Metodología

Siguiendo la definición expuesta por Goldberg y Knetter (1996) la estimación del efecto pass-through para Guatemala se hará en términos de la respuesta porcentual del nivel general de precios ante cambios en el tipo de cambio¹⁰ además de profundizar en el tipo de asimetría expuesta por Taylor (2000) la cual indica que la magnitud del efecto depende del estado inflacionario de la economía al momento de ocurrir el choque.

2.1 Descripción del modelo a utilizar

Para la estimación se hará uso de un modelo autorregresivo por umbrales (Threshold Autoregressive o TAR por sus siglas en inglés) el cual tiene la particularidad de que el comportamiento de la variable respuesta depende del *estado del sistema* Enders (2015).

Para este tipo de modelos el efecto marginal de un conjunto de variables independientes es función de alguna otra dentro del modelo, por lo que el efecto marginal dependerá del estado de la variable de la cual dependen.

El modelo básico es el siguiente:

$$y_t = \begin{cases} \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_{1t} & \text{si } y_{t-1} > 0 \\ \alpha_2 y_{t-1} + \varepsilon_{2t} & \text{si } y_{t-1} \leq 0 \end{cases}$$

El cual se conoce con el nombre de Self Exciting Threshold Autorregresivo (SETAR) debido al hecho de que el comportamiento de la variable y_t depende de su propio rezago y_{t-1} , en este ejemplo en particular si es mayor o menor o igual a cero. Como puede notarse, si y_{t-1} es mayor a cero y_t exhibe un comportamiento y al momento en que y_{t-1} sea menor o igual que cero se dice existe un cambio de régimen donde y_t presenta un comportamiento distinto, algo que se hace notorio en el cambio del coeficiente asociado a y_{t-1} , por lo que el valor de cero funciona como un umbral que separa a un régimen de otro.

Una forma alternativa de escribir la expresión anterior es:

$$y_t = \alpha_1 I_t y_{t-1} + \alpha_2 (1 - I_t) y_{t-1} + \varepsilon_t$$

¹⁰ Lo que no es más que la estimación de la elasticidad precio-precio tipo de cambio.

Donde $I_t = 1$ si $y_{t-1} > 0$ y $I_t = 0$ si $y_{t-1} \leq 0$ y asumiendo que las varianzas de los dos términos de error son iguales $var(\varepsilon_{1t}) = var(\varepsilon_{2t})$.

El modelo puede ser ampliado con facilidad para que incluya un mayor número de rezagos de la propia variable explicativa:

$$y_t = \begin{cases} \alpha_{10} + \alpha_{11}y_{t-1} + \dots + \alpha_{1p}y_{t-p} + \varepsilon_t & \text{si } y_{t-1} > \tau \\ \alpha_{20} + \alpha_{21}y_{t-1} + \dots + \alpha_{2r}y_{t-r} + \varepsilon_t & \text{si } y_{t-1} \leq \tau \end{cases}$$

Donde τ representa el umbral que determina el régimen en el que se encuentra el modelo en ese momento y tanto α_{10} como α_{20} son los intercepto de cada régimen. La última ampliación que puede ser añadida al modelo es la consideración de múltiples regímenes. Un ejemplo es un modelo con tres regímenes el cual se puede especificar de la siguiente manera:

$$y_t = \begin{cases} \alpha_{10} + \alpha_{11}y_{t-1} + \dots + \alpha_{1p}y_{t-p} + \varepsilon_t & \text{si } y_{t-1} > \tau_0 \\ \alpha_{20} + \alpha_{21}y_{t-1} + \dots + \alpha_{2q}y_{t-q} + \varepsilon_t & \text{si } \tau_1 < y_{t-1} \leq \tau_0 \\ \alpha_{30} + \alpha_{31}y_{t-1} + \dots + \alpha_{3r}y_{t-r} + \varepsilon_t & \text{si } y_{t-1} \leq \tau_1 \end{cases}$$

Donde τ_0 y τ_1 nuevamente son los umbrales que definen el régimen que gobernara el comportamiento de y_t .

El modelo anterior sirve de base para la especificación de un segundo modelo que amplie el conjunto de variables explicativas y que considere como *variable de estado* al rezago de la variable respuesta o alguna otra dentro del conjunto. La bondad de este modelo es que el cambio de régimen puede o no afectar al conjunto completo de variables algo que lo hace sumamente atractivo para la estimación del efecto pass-through.

Para ejemplificar lo anterior se especifica un modelo con dos variables explicativas y el rezago de la variable respuesta es el que determina el estado del sistema.

$$y_t = \begin{cases} \alpha_1 + \alpha_1 y_{t-1} + \delta_1 x_t + \alpha_2 z_t + \varepsilon_t & \text{si } y_{t-1} < \tau \\ \alpha_1 + \alpha_1 y_{t-1} + \delta_2 x_t + \alpha_2 z_t + \varepsilon_t & \text{si } y_{t-1} \geq \tau \end{cases}$$

De lo anterior es notorio que el cambio de régimen afecta únicamente al coeficiente asociado a la variable x_t puesto que su coeficiente asociado es el único que cambia de un régimen a otro. Además, algo importante de destacar es que este tipo de modelos es que permite extender el efecto del cambio de régimen al conjunto de completo de variables explicativas incluido el valor del intercepto.

2.2 Estimación del modelo

Para el proceso de estimación Enders (2015) indica que este dependerá de si se conoce el umbral o umbrales que determinan los regímenes del modelo. Dado que en la mayoría de las ocasiones se desconoce los umbrales se seguirá la metodología propuesta el autor.

El primer paso consiste en la estimación de los umbrales a utilizar, en este sentido la metodología más ampliamente utilizada para ello es la propuesta por Chan (1993) y que es expuesta a continuación.

1. Se selecciona cual será la variable que determinará el umbral ordenando las observaciones de menor a mayor y se procede a eliminar el 30% de las observaciones extremas¹¹.
2. Las observaciones obtenidas del paso 1 constituyen el conjunto de umbrales posibles, por lo que se procede a estimar el modelo especificado para cada uno de los umbrales posibles y se calcula la suma de residuos cuadrados (SSR) para cada modelo.
3. Las distintas SSR son función del umbral utilizado por lo que se pueden graficar umbrales contra SSR. Si un valor cualquiera del conjunto de umbrales es el verdadero valor del umbral la SSR debería disminuir en la medida en la cual las estimaciones se aproximen a él, la idea detrás de lo anterior es escoger el umbral que garantice el mejor ajuste posible. De existir más de un umbral la función de residuos al cuadrado presentará tantos mínimos como umbrales puedan considerarse dentro del modelo.

¹¹ Se elimina el 15% de las observaciones mas pequeñas y el 15% de las observaciones más grandes.

