

Composición cambiaria y poder adquisitivo  
de las reservas internacionales

Por:  
Javier Gómez Restrepo  
Juan Manuel Hernández Herrera

Núm. 654  
2011

# Borradores de ECONOMÍA



ta - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Col



# Composición Cambiaria y Poder Adquisitivo de las Reservas Internacionales \*

Javier Gómez Restrepo \*\*

Juan Manuel Hernández Herrera \*\*\*

## Resumen

*Uno de los principales motivos para acumular reservas internacionales es cubrir los egresos de la balanza de pagos ante una potencial escasez de divisas. Centrándose en el cubrimiento de los egresos por importaciones, se determina la composición cambiaria que mejor preserva el poder adquisitivo de las reservas en términos de una canasta de bienes importados ante variaciones en los tipos de cambio. Para esto, mediante el uso de modelos autorregresivos de tipo estructural, se considera el Exchange Rate Pass-Through de diversos tipos de cambio a los precios de los bienes importados, derivado de diferentes tipos de perturbaciones. Con los resultados de las estimaciones se realiza un ejercicio de aplicación para obtener una composición cambiaria óptima de las reservas internacionales para Colombia según el enfoque tomado en este trabajo. Se resalta la preeminencia del dólar estadounidense y la importancia de mantener un portafolio diversificado.*

## Abstract

*One of the main reasons for accumulating international reserves is to cover balance of payments expenses against a potential foreign exchange shortage. Focusing on the coverage of import expenses, the currency composition that best preserves reserves' purchasing power in terms of a basket of imported goods against changes in exchange rates is determined. By using structural autoregressive models we consider the Exchange Rate Pass-Through of different exchange rates to prices of imported goods, derived from different types of disturbances. The estimates' results are applied in an exercise in which a optimum currency composition for Colombian international reserves according to this paper's focus is established, highlighting the preeminence of the U.S. dollar and the importance of maintaining a diversified portfolio.*

*Clasificación JEL: C32; E58; F31.*

*Palabras Clave: Reservas Internacionales, Composición Cambiaria, Pass-Through, Modelos SVAR.*

---

\* Agradecemos a Marco Ruíz por sus valiosos comentarios y sugerencias. La serie Borradores de Economía es una publicación de la Subgerencia de Estudios Económicos del Banco de la República. Los trabajos son de carácter provisional, las opiniones y posibles errores son responsabilidad exclusiva de los autores y sus contenidos no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva.

\*\* Estudiante en Práctica de Reservas Internacionales del Banco de la República. [jgomerer@banrep.gov.co](mailto:jgomerer@banrep.gov.co)

\*\*\* Profesional Especializado de Reservas Internacionales del Banco de la República. [jhernahe@banrep.gov.co](mailto:jhernahe@banrep.gov.co)

# 1. Introducción

Las reservas internacionales se han constituido en una herramienta esencial para los bancos centrales de todo el mundo. El mantenimiento de un adecuado nivel de las mismas sostiene la confianza en las medidas monetarias que adoptan y permite mantener la capacidad de intervención para moderar fluctuaciones excesivas en la unidad monetaria nacional. Además de esto, la acumulación de reservas ayuda a cubrir a las naciones ante periodos de crisis o cierres de los mercados internacionales de capitales, que se pueden derivar de factores como el deterioro de los términos de intercambio, pánicos financieros o crisis de financiamiento en países vecinos, limitando así la vulnerabilidad ante estos hechos externos. Por otro lado, las reservas internacionales respaldan las obligaciones externas del país, de manera que elevan la confianza en el mismo.

En Colombia, a la hora de establecer los criterios de la composición por monedas de las reservas internacionales, el Banco de la República se focaliza en el hecho de que se acumulan reservas para atender las potenciales necesidades de moneda extranjera, por motivo tanto de comercio de bienes y servicios como flujo de capitales, de manera que la composición cambiaria de las reservas internacionales replique la de los egresos de la balanza de pagos del país. En este orden ideas, y considerando la relevancia de las importaciones en la balanza de pagos, se hace necesario el análisis del impacto sobre los precios de bienes importados de las variaciones de las monedas que conformen las reservas. A partir de esto último se establece una relación entre los fenómenos asociados del *Exchange Rate Pass-Through* (ERPT) a precios de las importaciones y composición cambiaria de las reservas internacionales, hecho que se analiza en el presente trabajo. Más precisamente, el objetivo central es determinar los efectos de transmisión de diferentes tipos de choques sobre los precios de bienes importados de Colombia, analizando también los impactos de las perturbaciones sobre diversos tipos de cambio, con el fin de encontrar una canasta óptima de monedas que preserve el poder adquisitivo de las reservas internacionales del país en términos de los bienes que se importan.

En principio, a la luz de este enfoque, las reservas deberían estar invertidas de modo que la respuesta agregada del portafolio a las variaciones de las tasas de cambio de las monedas que lo componen repliquen las respuestas de los precios de los bienes importados a estas mismas variaciones. Por otro lado, en comparación a múltiples estudios que se han realizado acerca del ERPT a precios de bienes importados, el presente trabajo se diferencia en la medida en que el análisis

se encuentra orientado a encontrar recomendaciones para la composición cambiaria de las reservas internacionales del país, mientras que anteriores investigaciones se han enfocado en la importancia e implicaciones del fenómeno del ERPT sobre la política monetaria de los bancos centrales.

En el estudio se encuentra que el grado de Pass-Through a los precios de bienes importados depende de la fuente del choque que se presente, por ejemplo, la transmisión de un movimiento en la tasa de cambio de pesos por dólar estadounidense será diferente si la fuente de la perturbación proviene de un choque a la economía colombiana o si procede de un choque a la economía norteamericana. Dado que el proceso de ajuste de los precios en respuesta a los choques no era instantáneo, se buscó la composición que mejor replicara el impacto acumulado total de estos choques en los precios de las importaciones para preservar el poder adquisitivo de las reservas en el largo plazo. Los resultados confirmaron la preeminencia del dólar estadounidense aunque también señalaron la importancia de tener un portafolio diversificado dada la elevada volatilidad de los tipos de cambio.

Luego de ésta introducción, la estructura del trabajo continúa con una revisión de literatura que se presenta en la segunda sección, posteriormente en la tercera se explica la estrategia metodológica, luego en la cuarta se exponen los resultados, se sigue en la quinta con un ejercicio de aplicación a la composición cambiaria y finalmente se exponen las conclusiones en la sexta.

## **2. Antecedentes**

### **2.1. Justificación**

Considerando la importancia de tener reservas internacionales, en especial en un país con un endeudamiento externo moderado como Colombia, y teniendo en cuenta que debe existir una compatibilidad entre la estrategia de inversión de las reservas con la política económica y con la estructura cambiaria y monetaria del país, el Banco de la República de Colombia ha establecido criterios para determinar la composición por monedas de las reservas internacionales, enfocándose en el hecho de que se acumulan reservas para atender las obligaciones en moneda extranjera, tanto de comercio de bienes y servicios como de capitales. Como lo ha publicado en sus informes periódicos

al congreso de la república<sup>1</sup>, la composición cambiaria de las reservas internacionales debe replicar la de los egresos de la balanza de pagos del país, con lo que se busca preservar la capacidad de pago de las reservas internacionales.

En ese sentido, la composición de una parte significativa de las reservas internacionales de Colombia debe replicar la composición cambiaria de las importaciones, pues éstas representan gran parte de la balanza de pagos. Sin embargo, en la práctica hay dos inconvenientes a la hora de realizar esa tarea. El primero es que no es fácil determinar la composición cambiaria de las importaciones, como sí lo es por ejemplo para el monto total o los vencimientos de la deuda externa, y los criterios usualmente empleados dependen de supuestos bastante fuertes. Los criterios más comunes para determinar la participación de una moneda en las importaciones son el país de origen o la moneda en la que se efectuó la transacción. Sin embargo, ambos pueden presentar grandes sesgos pues dependiendo del tipo de bien y la estructura del mercado, los productores podrían ser tomadores de precio en el mercado internacional, como en el caso de las materias primas, o competidores monopolísticamente diferenciados con capacidad de fijar sus precios en respuesta a las condiciones del mercado.

El otro inconveniente proviene de la elegibilidad de algunas monedas para componer el portafolio de inversión de las reservas internacionales. Las monedas de reserva deben ser libremente convertibles y es bastante deseable que tengan mercados muy líquidos y ofrezcan posibilidades de inversión con un mínimo riesgo. Lo anterior descarta a monedas que pueden llegar a tener una gran participación en las importaciones como el Renminbi chino, que no es libremente convertible y todavía no ofrece un mercado líquido de inversiones para extranjeros.

Para solventar el primero de los inconvenientes se considera el índice de precios al productor de bienes importados, el cual refleja el valor de una canasta de bienes importados. Por construcción, este índice tiene en cuenta el impacto en los precios de las diferentes estructuras de mercado de cada uno de los bienes que lo componen, pues registra la evolución de los precios de cada bien por separado. Luego se busca encontrar entre las monedas elegibles, aquellas cuyas variaciones estén más correlacionadas con las variaciones del IPP de bienes importados, de esta forma se preservará en la mayor medida posible el poder adquisitivo de las reservas con respecto a esta canasta de bienes

---

<sup>1</sup>Documento preparado semestralmente por el Banco de la República, disponible al público en su página web [www.banrep.gov.co](http://www.banrep.gov.co)

importados.

Si bien este tipo de ejercicio no es muy común en la literatura económica, su fundamento es el mismo que el de otro tipo de estimaciones ampliamente desarrolladas: las del *Exchange Rate Pass-Through* (ERPT), que es el cambio porcentual en los precios de importación en moneda local resultante de un cambio de uno por ciento del tipo de cambio entre los países exportadores e importadores. Los estudios realizados al respecto son múltiples, pues las conclusiones derivadas de los mismos son bastante útiles para las políticas implementadas por parte de los bancos centrales. Conocer, por ejemplo, los efectos y el grado de traspaso de los choques a los tipos de cambio sobre los precios domésticos, se ha convertido en una herramienta necesaria para el diseño de la política monetaria (Rowland, 2003).

Por otro lado, numerosos estudios se enfocan en las implicaciones que tienen los choques al tipo de cambio sobre los precios de importaciones y exportaciones, y cómo esto puede derivar en modificaciones de la balanza comercial para los países. Enmarcado en esta línea de trabajo, Muñoz (1999) realiza una completa presentación de modelos de ERPT a la luz de diversas estructuras de mercado, empleando desde modelos estáticos hasta considerar algunos modelos dinámicos en presencia de incertidumbre.

Sin embargo, a pesar de que varios trabajos se han realizado en torno a problemas derivados del ERPT, la mayoría suelen enfocarse en obtener conclusiones para la política monetaria. En ese sentido la mayoría de los trabajos centran su atención en el ERPT de una tasa de cambio, usualmente la de referencia o de mayor uso, a los precios finales al consumidor, pudiendo hacer hincapié o no en los precios de los bienes importados, siendo los que hacen referencia explícita a esta etapa intermedia de la transmisión los más relevantes para este trabajo.

Pese a la extensa literatura que se ha escrito del ERPT a precios de importación, el presente trabajo aporta un enfoque diferente al que comúnmente se ha aplicado con miras a conclusiones enfocadas para la política monetaria. Aquí se analizan los efectos de transmisión de diferentes tipos de choques sobre los precios de bienes importados de Colombia, analizando también los impactos de las perturbaciones sobre diversos tipos de cambio, con el fin de encontrar una canasta óptima de monedas que preserve el poder adquisitivo de las reservas internacionales del país en términos de los bienes que se importan.

## **2.2. Revisión de literatura**

### **2.2.1. Necesidad de Mantener Reservas Internacionales**

Los trabajos que se han realizado en torno a la acumulación de reservas internacionales, a los criterios bajo los cuales deben ser invertidas, al nivel óptimo de las mismas, y a su composición cambiaria, entre otros, son bastante amplios, pues es un tópico que en general despierta gran interés para los bancos centrales.

En estudios como los de Pineau y Dorrucchi (2006) y Bahmani-Oskooee y Brown (2002), se menciona que uno de los motivos tradicionales de los bancos centrales para acumular reservas internacionales es que necesitan divisas para enfrentar las turbulencias en los mercados cambiarios. Este hecho, comentan los autores, se hace aún más relevante cuando el país presenta un déficit en la balanza de pagos, ó cuando afronta una crisis monetaria teniendo la moneda sobrevalorada. En otros estudios como el de Edwards (2004), se enfatiza en que la apertura comercial es una variable muy importante en la explicación de las diferencias del nivel de reservas internacionales entre países, pues se considera que, en la medida en que la economía es más abierta al comercio, hay relativamente mayor vulnerabilidad que debería conducir consecuentemente a un mayor nivel de reservas. De manera similar, Wong y Carranza (1999) hacen referencia a la apertura de la economía como un factor que hace más vulnerables a los países, pero se focalizan en la movilidad de capitales y su vínculo con el sistema financiero de la nación. En este orden de ideas, una alta movilidad de capitales en adición a una mayor integración financiera deberían conducir a una acumulación de reservas más elevada, pues las probabilidades de presentar inestabilidades en la cuenta corriente y de capitales se incrementarían.

Con relación a la acumulación de reservas internacionales en los mercados emergentes, Pineau y Dorrucchi (2006) afirman que el stock de las mismas puede ser mayor en comparación a otros mercados, pues se considera que se presenta una exposición más alta ante las turbulencias que se puedan generar en los mercados de divisas, derivada de un ascenso en la movilidad de capitales y en debilidades del sistema bancario nacional. Por otro lado, Guzmán y Padilla (2003), en un estudio en que relacionan las reservas internacionales con la deuda externa de corto plazo como un indicador de vulnerabilidad externa, mencionan que las recientes crisis en los mercados emergentes

han puesto de relieve la importancia de mantener niveles adecuados de reservas internacionales, hecho que refuerza la idea expuesta en Pineau y Dorrucchi (2006).

Desde otro punto de vista, Eichengreen y Frankel (1996), en medio de la discusión de la flexibilidad del tipo de cambio, dicen que mecanismos como la depreciación de la moneda de países con déficit de pagos, en aras de aumentar la competitividad de las exportaciones y de hacer más llamativos sus activos, eliminan la necesidad de tener reservas. Sin embargo, comentan que los gobiernos son bastante renuentes a emplear este tipo de medidas por varios costos económicos, como por ejemplo el aumento de los precios de los insumos importados o el ascenso de la carga del servicio de la deuda denominada en moneda extranjera. Seguidamente, explican que de esto se deriva que pese a la posibilidad de flotar libremente tras la ruptura de Bretton Woods, la demanda de reservas no disminuyó, y mucho menos desapareció, hecho que se sustenta en la importancia de poseer reservas.

Si bien la mayoría de la literatura aboga por la importancia de la acumulación de las reservas y de niveles considerables de las mismas, desde otros enfoques se establecen algunos límites para esto. Mohanty y Turner (2006), al interior de un estudio en el que analizan las implicaciones de intervenir en el mercado de divisas para evitar la apreciación de la moneda, comentan que una prolongada acumulación de reservas a gran escala puede acabar creando otros riesgos distintos de la inflación a corto plazo, como por ejemplo elevados costes de intervención, desequilibrios monetarios, recalentamiento de los mercados de deuda y de activos, así como sistemas bancarios muy líquidos e incluso distorsionados.

A la luz de un enfoque similar sobre el que se señalan los inconvenientes de la acumulación de reservas analizando el costo de oportunidad, Rodrik (2006) indica que el hecho de que el sector privado se financie a un interés superior al que percibe el banco central por sus inversiones de reservas, lleva a incurrir al banco en un costo que denomina como costo social. Siguiendo esta misma línea de análisis, Summers (2007b) puntualiza sobre la comparación entre las posibilidades de inversión de los activos observando los rendimientos de los proyectos infraestructurales, llegando a la misma conclusión de que se presenta un costo de oportunidad.

Sobre lo anterior, como se menciona en Pineau y Dorrucchi (2006), mientras que para los inversionistas privados el objetivo primordial es maximizar el rendimiento esperado en relación con



el riesgo percibido, los bancos centrales compran y venden activos en el extranjero por razones de política que van más allá de maximizar el retorno ajustado por riesgo. Truman y Wong (2006) comentan que los marcos regulatorios que rigen la administración de las reservas internacionales en la mayoría de los países del mundo establecen que éstas se gestionen bajo criterios claros de seguridad, liquidez y rentabilidad, en su orden, y que la Reserva Bancaria de India, entidad en torno a la cual centran su estudio, no es la excepción.

Retomando lo discutido por algunos autores que resaltan los potenciales costos de la acumulación de reservas de una forma sostenida, este tipo de consideraciones han motivado estudios en los que se indaga acerca del nivel adecuado para las reservas internacionales de los países. Beaufort-Wijnholds y Kapteyn (2001) exponen que el principal indicador para medir el nivel adecuado de los activos de reserva en moneda extranjera es la proporción de activos foráneos a la deuda externa de corto plazo, también conocido como la regla Guidotti-Greenspan. Éste refleja la capacidad de un país para pagar su deuda externa a corto plazo en el caso de un fuerte deterioro de las condiciones de financiamiento externo.

En adición a lo anterior, P. García y Soto (2004) mencionan que por lo general, un país se considera prudente en cuánto a la acumulación de reservas, si mantiene las reservas de divisas en la cantidad de su deuda externa total con un vencimiento de un año. Finalmente, más recientemente, buscando una forma sencilla de medir el exceso de reservas de un país, Summers (2007a) sugiere utilizar un nivel de referencia igual a dos veces la deuda externa de corto plazo, dada la incertidumbre con respecto a las medidas estadísticas del nivel adecuado de reservas.

### **2.2.2. Composición Cambiaria de las Reservas Internacionales**

Observando los diversos estudios que se realizan de reservas internacionales, se puede apreciar cómo un gran número de ellos se enfocan en la composición cambiaria de las reservas, fenómeno derivado de la importancia e interés que suscita el análisis de las monedas a elegir para el portafolio de inversión. En la literatura suelen denominarse dos motivos para la elección de la composición cambiaria de las reservas internacionales. El primero de ellos, el motivo transaccional, se sigue en principio cuando los objetivos de acumulación de reservas están influenciados por factores como administrar liquidez en moneda extranjera para atender de manera directa flujos de recursos y pagos

de las operaciones internacionales de la nación, intervenir en el mercado cambiario o mantener una cobertura de riesgo cambiario. De otro lado, el motivo de atesoramiento o ahorro, básicamente consiste en que los bancos centrales determinan la composición cambiaria de sus reservas buscando la preservación y acumulación del capital por medio de técnicas de optimización financiera que maximicen los rendimientos. Por lo general, este criterio se puede aplicar cuando los bancos centrales ya cumplen con creces con las necesidades transaccionales.

Tal y como lo comenta Soesmanto (2008), el motivo transaccional para poseer reservas en monedas, así como el de ahorro o atesoramiento, han primado en el marco de los estudios del manejo de la composición cambiaria de las reservas internacionales de los países. Particularmente, el autor menciona que tanto para países desarrollados como en desarrollo, hay dos factores que son muy importantes para el manejo de la composición por monedas de las reservas a nivel mundial, que son el reconocimiento que tenga la moneda como de reserva y la participación de la misma en el comercio del país.

De otro lado, otros estudios realizados indican que el motivo transaccional sigue siendo el más importante para la composición cambiaria. En efecto, Dooley, Lizondo, y Mathieson (1989) elaboraron un estudio con una muestra de 58 países que concluye que el motivo transaccional es el criterio más importante que determina la diversificación por moneda de las reservas internacionales de los países. Un estudio más reciente realizado por Eichengreen y Mathieson (2000) reafirma la misma conclusión, a pesar de la introducción del euro y otros acontecimientos, y muestra que la composición por monedas de los países tiende a mantenerse estable en el tiempo. En adición, Eichengreen y Mathieson (2000) mencionan que la profundidad, la amplitud y la estabilidad de los mercados financieros, así como el grado de las transacciones internacionales, siempre han jugado un papel decisivo en la determinación de las monedas de reserva.

Finalmente, como se expone en Pineau y Dorrucchi (2006), la composición por monedas de las reservas por lo general refleja el régimen de tipo de cambio de un país, de manera que si éste corresponde a flotación pura, la composición está estrechamente relacionada con la elección de una moneda ancla. En este orden de ideas, las reservas oficiales, en particular en los países en desarrollo con acceso a los frágiles mercados de capitales internacionales, se consideran como un colchón para el pago de las importaciones y para garantizar el pago de servicios de la deuda externa en moneda extranjera. Por lo tanto, la composición por monedas de reservas está a menudo vinculada

a la composición de los flujos comerciales y financieros (Pineau y Dorrucchi, 2006). En congruencia con estas afirmaciones, al examinar los determinantes de la composición cambiaria de las reservas internacionales, Eichengreen y Mathieson (2000) encuentran que se presenta una estabilidad notable en el tiempo de la relación entre la demanda de reservas denominadas en monedas diferentes y sus principales determinantes, a saber, los flujos de comercio, los flujos financieros y la moneda ancla.

### **2.2.3. Exchange Rate Pass-Through**

Antes de entrar en materia, es relevante tener en cuenta la definición del Pass-Through de tipo de cambio, adoptando la empleada por Goldberg y Knetter (1997), según la cual el ERPT es el cambio porcentual en los precios de importación en moneda local resultante de un cambio de uno por ciento del tipo de cambio entre los países exportadores e importadores. Sobre ésta se precisa, tal y como lo explican Bailliu y Bouakez (2004), que el proceso del Pass-Through consiste en dos etapas, donde la primera es la transmisión de los movimientos del tipo de cambio a los precios de importación, y la segunda es la transmisión de los cambios de precios de importación a los precios del consumidor.

Como se había mencionado, despiertan mayor interés para este trabajo los estudios que abordan explícitamente la primera etapa del ERPT. Estudios como los de Menon (1995) y Goldberg y Knetter (1997) se resaltan por sus completas revisiones de literatura, en las que se alcanza a percibir que cada vez ha cobrado más importancia la pregunta concerniente a la estabilidad en el tiempo de las relaciones del ERPT. Winkelried (2003), indica que a raíz de fenómenos como la mayor apertura comercial y la experiencia desinflacionaria de países industrializados, se ha presenciado una disminución de la influencia de fluctuaciones cambiarias sobre el nivel de precios. Este tipo de evidencia, más que desincentivar los estudios de ERPT para hacer recomendaciones de política monetaria, los ha encaminado a analizar la inestabilidad de las relaciones de ERPT a través del tiempo. Siguiendo esta línea, González, Rincón, y Rodríguez (2008) referencian varios trabajos recientes, que además de aportar evidencia en contra de una transmisión completa del ERPT, se enfocan en el hecho de la ausencia de estabilidad y simetría en el ERPT en diferentes periodos de tiempo.

El fenómeno del ERPT ha sido muy estudiado en el mundo entero, hecho que lleva a en-

contrar múltiples trabajos para países de forma individual, así como estudios que agregan algunas economías, por ejemplo, por su grado de desarrollo. De los estudios elaborados para países industrializados hay suficiente evidencia que apunta a una reducción en el grado de ERPT en las últimas décadas, fenómeno que se ha explicado diferentemente por varios autores para diversas economías. Marazzi et al. (2005), encuentran por ejemplo, al estudiar el ERPT a precios de los bienes importados en Estados Unidos, que el grado de ERPT se ha reducido considerablemente en los últimos años, hecho que se encuentra explicado por una disminución de los commodities importados, así como por una mayor presencia de exportadores chinos en el país.

Mumtaz, Oomen, y Wang (2006) encuentran que, aparte de que el grado de transmisión del Pass-Through a precios de importados ha descendido, es heterogéneo entre diferentes industrias. La explicación de estos autores para el primer hecho en mención diverge de la expuesta por Marazzi et al. (2005), pues es atribuida a una mayor estabilidad de la economía británica en las últimas décadas. Otani, Shiratsuka, y Shirota (2006) encuentran evidencia similar para la economía japonesa al estudiar el ERPT a precios de importación, explicando que esto se debe principalmente a una reducción en el ERPT en categorías de productos específicas, divergiendo así de Campa y Goldberg (2005) que consideran que el fenómeno de reducción de ERPT a precios en países avanzados se explica por un descenso de la importación de bienes primarios como commodities, materias primas y combustibles.

Los estudios realizados para grupos de países soportan la evidencia mostrada anteriormente. Campa y González (2002) al estudiar el fenómeno de ERPT a precios en la comunidad económica europea, encuentran que el Pass-Through es incompleto en el corto plazo, y que se eleva un poco cuando los bienes importados son materias primas. Para estos autores, es el grado de apertura de los países lo que explica esas diferencias. Resultados similares son encontrados por Campa y Gonzalez (2002) al realizar un estudio similar focalizándose en los precios de importación. En definitiva concluyen que los diferentes grados de apertura a importaciones de países que no son de la eurozona, es lo que explica las diferencias de ERPT entre países e industrias.

Estudios como los de Ihrig, Marazzi, y Rothenberg (2006), realizado para los países del G-7, y los de McCarthy (2000); Bailliu y Bouakez (2004) en los que se analiza un grupo considerable de economías industrializadas, son consistentes con los resultados de que se ha reducido el Pass-Through para los países industrializados. Bailliu y Bouakez (2004) exponen claramente las principales con-

clusiones a las que han llegado trabajos anteriores para explicar el descenso del ERPT, de las que se resaltan un cambio a ambientes de baja inflación en los países industrializados, hecho que se acompaña de una mayor creencia en el manejo de los regímenes de política monetaria por parte de los Bancos Centrales. La modificación de la estructura de importaciones a sectores de menor ERPT también es destacable (Bailliu y Bouakez, 2004).

Así como es extensa la literatura para los países desarrollados, también lo es para las economías en desarrollo. Frankel, Parsley, y Wei (2005) exponen el hecho de que tradicionalmente el Pass-Through de tipos de cambio a precios ha sido más reducido en los países de elevados ingresos. Seguidamente, los autores comentan que ese fenómeno ha dejado de ser exclusivo para economías industrializadas, y aportan evidencia de que el Pass-Through también es incompleto para países en desarrollo. Sobre esta línea de estudios, se encuentra el trabajo elaborado por Feinberg (2000), que si bien no se centra específicamente en el ERPT a precios de importación, por incluir a Colombia cobra relevancia para la presente investigación. En general, al estudiar las economías de Colombia, Corea y Marruecos, todas consideradas como países en desarrollo, se encuentra que el Pass-Through es incompleto pero mayor en comparación a economías desarrolladas. Se resalta también que las barreras de entrada tienen importancia sobre el ERPT a precios domésticos, de manera que una mayor apertura a importaciones tiene una influencia limitada sobre los precios de los bienes domésticos que compiten con los importados, que pueden ser ayudados por políticas de competencia nacional (Feinberg, 2000).

De los países de la región latinoamericana, Brasil posee mayores similitudes con las economías industrializadas en cuanto a los fenómenos de ERPT, tal y como lo muestra Belaisch (2003), concluyendo que el Pass-Through es reducido en comparación a otros países latinoamericanos. Estos resultados están en línea con las estimaciones que se presentan en la literatura, que indica cómo se ha reducido la transmisión del Pass-Through para este país en los últimos años, hecho que se encuentra especialmente marcado por la adopción del régimen de flotación cambiaria en 1999 (Albuquerque y Portugal, 2004). Esta idea, explican los autores, se deriva del hecho de que cuando no había flotación cambiaria, las modificaciones en el tipo de cambio eran consideradas como permanentes, de manera que los agentes tenían un incentivo extra para ajustar sus precios lo más rápido posible, mientras que cuando se introdujo la flotación, dada la incertidumbre sobre la permanencia de los cambios, sumada a factores como costos de menú, hacían que los agentes

esperaran y observaran antes de modificar los precios una vez estuvieran seguros de la permanencia de los movimientos del tipo de cambio, lo que consecuentemente explica la reducción del Pass-Through.

C. J. García y Restrepo (2001) llegan a un resultado similar al estudiar la economía chilena, pero para este caso la disminución del Pass-Through recientemente se explica por el hecho de que el traspaso de tipo de cambio a precios depende positivamente de la actividad económica, es decir, una brecha negativa del producto compensa los efectos sobre la inflación de una depreciación del peso chileno. León, Morera, y Ramos (2001), además de encontrar un ERPT reducido a los precios para Costa Rica, enfatizan en que uno de los determinantes más relevantes del grado de Pass-Through es la desviación del tipo de cambio real con respecto a su nivel de equilibrio, de manera que depreciaciones mayores a las necesarias para restablecer el equilibrio en el mercado cambiario con el fin de ganar competitividad, introducirían presiones inflacionarias significativas (León et al., 2001).

En general, para la región se ha encontrado que el ERPT depende del escenario económico, así como de factores estructurales y coyunturales. Algunos ejemplos relevantes son el estudio de Winkelried (2003) para la economía peruana, el de Rojas, Rodríguez, y Patiño (2006) para la economía paraguaya, el de Mendoza (2004) para el caso venezolano, y el de González et al. (2008) para la economía colombiana. Pese a lo anterior, hay algunas excepciones como el trabajo elaborado por Fuentes y Mendoza (2007) para la República Dominicana, en el que encuentran que el ERPT es mayor en comparación a otras economías de América Latina, y que su comportamiento no depende del estado de la economía, ni del tamaño ó dirección del choque.

En lo que respecta a Colombia, el fenómeno del ERPT también ha despertado interés para diversos autores. El primer trabajo realizado en el que se analizaron conjuntamente los efectos del tipo de cambio sobre precios de la economía, entre ellos los de importaciones, fue el de Rincón (2000). Este autor encuentra que el ERPT en Colombia es incompleto, esto es que no se presenta en proporción uno a uno, tanto para precios de importación como de exportación, inclusive en el largo plazo, hecho que lleva a que el autor concluya que la hipótesis de poder de paridad de compra absoluta no se cumple para el periodo analizado, que va desde 1980 hasta 1998. Finalmente, el autor expone algunas explicaciones de por qué esta hipótesis no se cumple.

Rowland (2003), también investiga el ERPT para Colombia, empleando diferentes metodologías econométricas que las usadas por Rincón (2000). Al abordar el periodo comprendido entre 1983 y 2002, Rowland (2003) encuentra que, a pesar de que el ERPT en Colombia es incompleto, los precios de importación responden relativamente rápido a modificaciones del tipo de cambio. Seguidamente indica como luego de 3 meses, el 48% de las alteraciones sobre el tipo de cambio se transmiten a los precios de importación, y que luego de 12 meses se transmite el 80% de las mismas. Éstos resultados implicarían que en el estudio aquí realizado el tipo de cambio entre el peso y el dólar debería ser comparativamente bastante relevante en comparación a los otros tipos de cambio, dado su considerable grado de transmisión a los precios de las importaciones.

Los resultados encontrados por Rincón (2000) y Rowland (2003), que apuntan a que el ERPT es incompleto, son obtenidos también por Rincón, Caicedo, y Rodríguez (2007) para precios de importación, pero específicamente de la industria manufacturera, razón por la cual no se profundiza en los hallazgos de este trabajo. Finalmente, el más reciente de los trabajos realizados para la economía colombiana que estudia los fenómenos del ERPT es el de González et al. (2008). En dicha investigación, los autores se enfocan en estimar el grado de transmisión tanto de corto como de largo plazo sobre los precios de importación ante choques en el tipo de cambio, esto en presencia de asimetrías. Contemplando el período que va de 1985 a 2007, y haciendo uso de modelos econométricos lineales y no lineales, González et al. (2008) encuentran que la transmisión es menos que proporcional, de manera que el ERPT es incompleto, aportando así evidencia adicional al respecto.

Es importante enfatizar que a diferencia de los anteriores estudios elaborados para Colombia sobre ERPT, que observan únicamente el tipo de cambio entre el peso y el dólar, la presente investigación incluye en el análisis diversos tipos de cambio. Aunque no es el objetivo primordial del trabajo, esto puede considerarse como un primer avance al análisis del grado de Pass-Through de diversos tipos de cambio sobre los precios al consumidor en Colombia.

### **3. Estrategia Metodológica**

Para abordar el análisis del Pass-Through de diversos tipos de cambio a los precios de bienes importados es prioritario definir varios aspectos. Primero deben seleccionarse las variables de interés,

luego se considera si es adecuado estimar modelos de vectores autorregresivos (VAR) o de corrección del error (VEC), dada su utilidad para estudiar el comportamiento simultáneo de varias variables macroeconómicas. Además de definir el tipo de modelo a estimar, para lo que hay que realizar varias pruebas, es importante discutir algunos aspectos teóricos en lo que respecta al Pass-Through a precios de importación, con el fin de determinar si deben ser incluidos o no en la especificación del modelo. Se procede entonces a indicar las variables seleccionadas y los datos utilizados para el estudio, luego se abordan algunos aspectos teóricos en torno a la manera de enfrentar el análisis del Pass-Through, para luego presentar la estimación del modelo, con la consecuente discusión teórica y econométrica del mejor camino a seguir.

### 3.1. Datos y Variables

Las series tomadas para el estudio son promedios mensuales que van desde Enero de 1995 hasta Junio de 2010. La selección de este periodo se hizo teniendo en cuenta múltiples factores que ocurrieron en la economía colombiana luego de 1994 que introdujeron cambios estructurales, de los que se destacan como los más relevantes la apertura económica, el abandono del *crawling peg* y la liberación de la cuenta de capitales. Abarcar un periodo más extenso haría que los resultados no fueran robustos, pues el comportamiento de las variables, en especial el del tipo de cambio entre el peso y el dólar, evidencia alteraciones significativas en términos de volatilidad luego de que ocurrieran los acontecimientos ya mencionados.

Las series elegidas, ya en logaritmos, son: Índice de Precios de bienes importados de Colombia (*IPM*), tipo de cambio peso-dólar (*USD – COP*) y tipos de cambio entre el dólar y el resto de monedas elegibles para la composición cambiaria de las reservas internacionales, a saber, el euro (*EUR*), el yen japonés (*JPY*), la libra esterlina (*GBP*), el dólar canadiense (*CAD*), el franco suizo (*CHF*), y el dólar australiano (*AUD*). Estas monedas son las que corresponden a los países que conforman el G-10, exceptuándose la corona sueca (*SEK*) de Suecia, la corona noruega (*NOK*) de Noruega, y el dólar neozelandés (*NZD*) de Nueva Zelanda, pues si bien cumplen con las características de riesgo, sus mercados no son lo suficientemente líquidos, condición necesaria para que puedan ser consideradas como monedas de reserva elegibles para la composición cambiaria. En el cuadro 1 se pueden observar las monedas más líquidas en los mercados internacionales, encabezando la tabla las divisas empleadas para el presente estudio, lo que le da contundencia a la selección de



las variables.

Cuadro 1: Participación en el volumen diario negociado en el mercado de divisas en 2010

Posición	Moneda	Participación	Posición	Moneda	Participación
1	<i>USD</i>	84,9 %	8	<i>HKD</i>	2,4 %
2	<i>EUR</i>	39,1 %	9	<i>SEK</i>	2,2 %
3	<i>JPY</i>	19,0 %	10	<i>NZD</i>	1,6 %
4	<i>GBP</i>	12,9 %	11	<i>KRW</i>	1,5 %
5	<i>AUD</i>	7,6 %	12	<i>SGD</i>	1,4 %
6	<i>CHF</i>	6,4 %	13	<i>NOK</i>	1,3 %
7	<i>CAD</i>	5,3 %	14	<i>MXN</i>	1,3 %

Fuente: *Bank of International Settlements* (BIS), Triannual FX Survey 2010.

De esta manera, no se consideraron la corona sueca, la corona noruega y el dólar neozelandés como variables de interés para la estimación del modelo, porque si en principio no pueden ser elegidas para la composición cambiaria, no tendría sentido hacer el análisis de cómo cubrirían o no la parte de las importaciones de los egresos de la Balanza de Pagos. Este argumento se extiende para sustentar la no inclusión de otras monedas diferentes a las ya mencionadas, como las correspondientes por ejemplo a mercados emergentes, en los que figuran monedas como el Renminbi Chino, el Real Brasileiro, el Peso Mexicano, el Peso Chileno, entre otras.

### 3.2. Algunas Consideraciones Teóricas para la Estimación del Modelo

Como se observó en la revisión de literatura, últimamente se han realizado estudios del ERPT en diversos países considerando la presencia de asimetrías, esto es, teniendo en cuenta la posibilidad de que el grado de ERPT a precios sea diferente en el caso de que se incremente el tipo de cambio en X cantidad, en comparación a la situación en que se reduzca X cantidad. Como lo explican Fuentes y Mendoza (2007), es importante evaluar posibles asimetrías para la formulación de política monetaria, pues al ignorar su existencia se podría llegar a adoptar políticas inadecuadas por parte de los bancos centrales. Sobre esto último, se recuerda que, a diferencia del enfoque de trabajos precedentes, la presente investigación no se orienta a obtener conclusiones orientadas a la

política monetaria.

Además de lo anterior, es fundamental tener en cuenta el hecho de que la economía colombiana es pequeña y abierta, de manera que es tomadora de precios de los bienes importados. Esta razón es la que sostiene principalmente la idea de que los factores que originan asimetrías no van a ser significativos a la hora de estudiar el Pass-Through a precios de bienes importados del productor. Sin embargo, es importante puntualizar y explicar específicamente por qué no se tienen en cuenta los factores que han considerado diversos autores como fuente de asimetrías para la estimación del ERPT.

Sobre la definición que muchos autores dan del ERPT vale la pena precisar, tal y como lo explican Bailliu y Bouakez (2004), que el proceso del Pass-Through consiste en dos etapas, donde la primera es la transmisión de los movimientos del tipo de cambio a los precios de importación, y la segunda es la transmisión de los cambios de precios de importación a los precios del consumidor. La mayoría de los trabajos que hablan de la importancia de abordar el estudio del ERPT en presencia de asimetrías no se interesan en diferenciar las etapas del proceso del Pass-Through, pues su principal interés es determinar el impacto sobre los precios del consumidor. A manera de ejemplo, Winkelried (2003) menciona al definir el Pass-Through, que es el efecto de las fluctuaciones en el tipo de cambio sobre el nivel general de precios, sin necesidad de escatimar en los canales exactos por los que la transmisión ocurre.

Teniendo claro el hecho de que el proceso completo del Pass-Through tiene dos etapas, sumado a que no hay literatura en la que se afirme que se deben considerar asimetrías cuando se va a estudiar la primera etapa del ERPT, se puede plantear que la necesidad de considerar asimetrías para su estimación surge cuando se quiere hacer un análisis que va hasta la segunda etapa, es decir, hasta los precios del consumidor.

Fuentes y Mendoza (2007) indican que factores como el entorno inflacionario, la etapa del ciclo económico, la desalineación del tipo de cambio real, la volatilidad del tipo de cambio, la credibilidad en las autoridades monetarias, la indexación salarial, la apertura comercial y el grado de dolarización de la economía, pueden ser fuente de asimetrías para el ERPT. Todos estos factores, que para algunas economías han resultado ser fuente de asimetrías en el ERPT y para otras no, influyen específicamente sobre la segunda etapa del proceso de Pass-Through, a saber, en la transmisión

definitiva a los precios sobre el consumidor, no interviniendo así en las transmisiones sobre los precios de bienes importados, pues son factores que aparecen luego de que se dé la primera etapa del ERPT. Sobre esto mismo, León et al. (2001) mencionan que si bien la devaluación puede afectar directamente el precio de los bienes importados, la transmisión a los precios del consumidor depende de los factores que originan asimetrías en el ERPT.

En otros trabajos como el de González et al. (2008), se indican como posibles fuentes de asimetrías, además de los factores ya mencionados, el poder de mercado que tengan las firmas importadoras en el mercado interno y el grado de sustituibilidad entre los bienes importados y locales. El poder de mercado se considera que alude directamente a la actividad de negociar en el país, no afuera. Por esa razón este motivo de asimetría es necesario contemplarlo si el interés del ERPT es hasta su segunda etapa, es decir, hasta los precios del consumidor, pero no a los precios de bienes importados por parte del productor más precisamente. En lo que respecta al grado de sustitución entre productos importados y locales no es relevante para el presente trabajo, pues lo que se quiere es garantizar el acceso a una misma canasta de bienes, es decir, obtener la posibilidad de seguir importando lo mismo, sustentados en una combinación óptima de monedas que preserve el poder adquisitivo de las reservas internacionales.

Con respecto al desalineamiento de la tasa de cambio real, que es un factor mencionado por diversos autores como fuente de asimetría, la discusión puede llegar a ser más amplia, pues considerar un desalineamiento implica que existe un nivel *de equilibrio* de la tasa de cambio real, lo que supone válido el supuesto de la paridad del poder de compra. Además, la tasa de cambio real depende del índice de precios al consumidor local, por lo que nuevamente tendría sentido considerarla en el escenario de evaluación del Pass-Through a precios finales.

Finalmente, se opta por no estimar el Pass-Through de diversos tipos de cambio a precios de bienes importados en Colombia en presencia de asimetrías, pues el alcance de este trabajo es diferente al de investigaciones ya referenciadas, en la medida en que analizan el ERPT de una manera completa, abarcando sus dos etapas, mientras que en el presente trabajo se considera el ERPT tan solo hasta su primera etapa, que no es vulnerable a asimetrías, principalmente por las características de la economía colombiana que la hacen tomadora de precios de importaciones en el mercado internacional.

### 3.3. Estimación del Modelo

#### 3.3.1. Definición del Tipo de Modelo a Estimar: VAR ó VEC

Una vez definido el hecho de que no se estimará el Pass-Through de diversos tipos de cambio a precios de bienes importados en Colombia en presencia de asimetrías, se procede a describir los procedimientos econométricos que permitan determinar si el modelo adecuado para las características de las variables es un modelo VAR o VEC. Con las variables que fueron presentadas anteriormente, se procedió entonces en primera instancia a realizar las pruebas de raíces unitarias a las series de tiempo en logaritmos<sup>2</sup>. Al sacarle primeras diferencias a las series, las pruebas indicaron que eran estacionarias, mostrando así que eran integradas de orden 1. Teniendo esto claro se pasó a realizar la prueba de cointegración de Johansen, con el fin de determinar la posible existencia de relaciones de largo plazo entre las variables (Johansen, 1988, 1995). Aplicando la prueba se constató que se presentaban fenómenos de cointegración entre las variables elegidas para la muestra tomada.

La no estacionariedad de las variables en logaritmos y la presencia de cointegración sugerían que habría que emplear un modelo de vectores de corrección del error (VEC). Este tipo de modelos se sustentan en el hecho de que existe una relación de equilibrio a largo plazo entre las variables, y aunque se puedan presentar desequilibrios en el corto plazo las desviaciones son estacionarias. Esto quiere decir que es posible encontrar una combinación lineal estacionaria a partir de las variables no estacionarias, que sería en última instancia el vector de corrección del error (Juselius, 2006)<sup>3</sup>. Al estimar el modelo VEC, se encontró finalmente que la ecuación de cointegración que se obtenía no resultaba ser estacionaria. Esto, en otras palabras, lo que indicaba es que la combinación de unas variables no estacionarias no estaba resultando ser estacionaria, de manera que no se estaba presentando correctamente el mecanismo de corrección del error en el modelo, y que la relación en el largo plazo, además, no sería necesariamente estable.

Además de que econométricamente hablando este resultado sugiere el planteamiento de un modelo VAR en lugar de un VEC, hay ciertas implicaciones con relación a la teoría económica

---

<sup>2</sup>Se aplicaron las pruebas de Dickey-Fuller, KPSS y Ng-Perron, encontrando que las series eran no estacionarias, es decir, se encontró presencia de raíz unitaria.

<sup>3</sup>Para un estudio más profundo de los fenómenos de cointegración y de los modelos VAR y VEC se sugiere consultar en Juselius (2006) ó en Lutkepohl (2006).

que se derivarían del tipo de modelo estimado. En particular, la existencia de una ecuación de cointegración implica la existencia de una relación de largo plazo entre el precio de los bienes importados y las tasas de cambio, cuyas desviaciones se disipan en el mediano plazo. Lo anterior verificaría la hipótesis de Paridad de Poder de Compra, PPP por su sigla en inglés, sobre la cual existe aún debate entre los economistas, pues aún no existe evidencia concluyente a favor o en contra de la validez de esta hipótesis. Para una perspectiva general del debate se puede consultar Rogoff (1996); Imbs, Mumtaz, Ravn, y Rey (2005a); Chen y Engel (2005); Imbs, Mumtaz, Ravn, y Rey (2005b). Actualmente el debate parece enfocarse en la existencia del PPP en precios desagregados, pero con índices agregados la evidencia parece indicar que no existe tal relación de largo plazo y dado que se emplean variables agregadas en este estudio, la literatura de PPP sugiere que no debería encontrarse una relación de cointegración estable.

Retomando entonces, dicho hallazgo, que también se sustenta teóricamente, sugirió la posibilidad de plantear modelos de tipo de vectores autorregresivos (VAR), estimados con las mismas variables pero en diferencias, es decir, ya siendo estas estacionarias. El modelo VAR que se estimó es el que se describe a continuación, cuyo número de rezagos se determinó comparando los criterios de información<sup>4</sup> de los modelos para los que el vector de errores correspondía a un proceso ruido blanco<sup>5</sup>.

En general, se estima un modelo VAR de la siguiente forma:

$$\Delta y_t = A_0 + A_1 \Delta y_{t-1} + u_t \quad (1)$$

Donde,  $y_t$  es un vector de  $8 \times 1$  en  $t$ ,  $A_0$  es un vector de constantes,  $A_1$  es una matriz de  $8 \times 8$  de parámetros, y  $u_t$  es el vector de errores.

Más específicamente,  $y_t = (IPM_t, USD - COP_t, EUR_t, GBP_t, CHF_t, AUD_t, CAD_t, JPY_t)'$ , donde  $IPM_t$  es el logaritmo natural del índice de precios de bienes importados de Colombia,  $USD - COP_t$  es el logaritmo natural del tipo de cambio entre el peso y el dólar expresado en

<sup>4</sup>Se observaron los criterios de información de Schwarz, de Akaike y el coeficiente de determinación ajustado.

<sup>5</sup>Las pruebas que se observaron para los residuales fueron la prueba de Portmanteau y la prueba LM, con el fin de verificar si se presentaban fenómenos de autocorrelación. Para determinar presencia de heterocedasticidad se empleó la prueba de White. Finalmente, se observó si se cumplía con el supuesto de normalidad, pero como suele ser usual para este tipo de modelos no se cumplió el supuesto, indicando que el vector de errores no corresponde a un proceso ruido blanco gaussiano.

términos de cantidad de pesos por dólar, y finalmente el resto de variables son los logaritmos de los tipos de cambio entre las monedas descritas y el dólar, expresados en términos de dólares por una unidad de cada una de esas monedas.

### 3.3.2. Identificación de las Innovaciones del Modelo VAR

Una de las herramientas de análisis en los modelos VAR son las funciones impulso respuesta, las cuáles se pueden emplear en parte para convencerse de que la estimación que se está realizando tiene sentido y es plausible, es decir, para verificar en última instancia que el modelo está bien identificado y que es coherente con la teoría económica. En este orden de ideas, para obtener esos impulsos respuesta, se hace necesario identificar las innovaciones, de forma que correspondan adecuadamente con la intuición económica y de manera que se respete la correlación instantánea entre los errores del modelo.

Teniendo en cuenta esto, en el presente trabajo surge un problema en particular, debido a que no se puede especificar satisfactoriamente la correlación instantánea entre las innovaciones a las tasas de cambio, requisito fundamental para estimar funciones de impulso respuesta plausibles. Por ejemplo, no es claro si una innovación a la tasa de cambio de pesos colombianos por dólar debería estar correlacionada con una innovación a la tasa de cambio de franco suizo por dólar. Si el choque en la tasa peso/dólar se debe a cuestiones propias de la economía colombiana, la correlación con el cambio del franco suizo por dólar debería ser cero; pero si la innovación ocurre sobre la economía norteamericana, la correlación debería ser significativamente diferente de cero pues sería el valor del dólar el que cambia frente a las demás monedas del mundo. En este ejemplo, para identificar adecuadamente los choques al sistema se debería considerar por separado las innovaciones a la economía colombiana y a la norteamericana.

Lo anterior sugiere que se debe utilizar un modelo VAR estructural (SVAR)<sup>6</sup> tipo B. Los modelos SVAR, en general, permiten organizar en un sentido técnico estructural las correlaciones instantáneas entre las variables en consideración. Ahora, los modelos SVAR tipo B, descomponen

---

<sup>6</sup>Para profundizar en el estudio de los modelos SVAR se recomienda consultar Amisano y Giannini (1997). Una amplia discusión acerca de las ventajas y las problemáticas a las que se exponen este tipo de modelos son expuestas en Gottschalk (2001).

los errores observados como una suma de innovaciones estructurales, lo que permitiría en el caso del ejemplo expuesto en el párrafo precedente, descomponer el choque a la tasa de cambio peso/dólar como la suma de una innovación estructural a la economía colombiana y otra a la economía norteamericana.

Siguiendo la metodología explicada en Amisano y Giannini (1997), se definen unos choques estructurales y una matriz  $B^7$ . Que cumplen:

$$u_t = Be_t \quad (2)$$

Normalizando la varianza de los errores estructurales independientes se encuentra que:

$$\Sigma_u = BB' \quad (3)$$

De esta ecuación se estima la matriz  $B$ . Como ya se mencionó, en el SVAR la matriz  $B$  recoge los errores ortogonales que van a afectar a cada variable de forma contemporánea. El tipo de restricciones que se imponen sobre los parámetros de la matriz  $B$  son de nulidad, es decir, basados en la teoría económica y en algunos sucesos pasados se imputa el hecho de que la respuesta de algunas variables para determinados choques sea nula. Si bien las restricciones son bastante útiles para incluir la teoría económica a la hora de modelar y necesarias para poder estimar la matriz  $B$ , poner demasiadas puede limitar demasiado al modelo haciéndolo implausible. Tomando esto en consideración se estima la siguiente matriz  $B$ :

$$B = \begin{pmatrix} b_{1,1} & b_{1,2} & b_{1,3} & 0 & b_{1,5} & b_{1,6} & 0 & 0 \\ b_{2,1} & b_{2,2} & 0 & 0 & b_{2,5} & b_{2,6} & 0 & 0 \\ 0 & b_{3,2} & b_{3,3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{4,2} & b_{4,3} & b_{4,4} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{5,2} & b_{5,3} & 0 & b_{5,5} & 0 & 0 & 0 \\ b_{6,1} & b_{6,2} & 0 & 0 & b_{6,5} & 0 & 0 & 0 \\ b_{7,1} & b_{7,2} & 0 & 0 & b_{7,5} & 0 & b_{7,7} & 0 \\ 0 & b_{8,2} & 0 & 0 & b_{8,5} & 0 & 0 & b_{8,8} \end{pmatrix}$$

---

<sup>7</sup>Esta notación es la misma que se emplea en Amisano y Giannini (1997)

Cada una de las columnas de esta matriz ilustra los impactos sobre las diferentes variables a raíz de los choques que se definen a continuación.

El primer choque, ilustrado en la columna uno de la matriz  $B$ , se define como un impacto sobre los precios de las materias primas, que en principio, de ser negativo, se esperaría que debilitara las monedas de los países exportadores netos de materias primas, como lo son Colombia, Australia y Canadá. De esta manera se esperarían respuestas negativas por parte de las monedas de estos países frente al dólar, mientras que sobre las otras variables se imponen restricciones de nulidad, pues no se esperaría una respuesta inmediata de esas variables ante una perturbación de los precios de las materias primas. La modificación del tipo de cambio entre el peso y el dólar, que refleja la mayor debilidad del peso, redundaría en un ascenso del precio de los bienes importados de Colombia. Este cambio esperado del precio de las importaciones se deriva del hecho de que hay importadores que fijan su precio en pesos según un precio en dólares y la tasa representativa del mercado (TRM) del día, de manera que a la luz de este argumento todo lo que modifique el tipo de cambio entre el peso y el dólar, mueve instantáneamente el precio de las importaciones.

Un segundo choque se define como un impacto que se presenta sobre la economía norteamericana. Se esperaría que esta innovación impactara el resto de las variables consideradas, pues todas las tasas de cambio están calculadas frente al dólar estadounidense, por lo que no existen restricciones de nulidad en esa columna. Este choque, siendo positivo por ejemplo, debería redundar en una fortaleza del dólar contra todas las monedas, lo que se podría ver como debilidad del resto de monedas, inclusive del peso, hecho que consecuentemente encarecería las importaciones colombianas, y llevaría a esperar una respuesta positiva en esta variable. La respuesta sobre la cotización entre el dólar y el peso también sería positiva, dada la manera de tomar este tipo de cambio, indicando que habría que entregar más pesos por cada dólar. Finalmente, los impactos sobre las otras monedas se esperaría se reflejaran con signo negativo, revelando que habría que dar menos dólares por cada una de esas monedas, pues esos tipos de cambio se encuentran planteados en términos de dólares por las otras monedas.

El tercer choque se encuentra definido como una perturbación sobre la economía europea, de manera que en principio se esperaría que se presentara una relación directa y por ende un impacto inmediato tanto sobre el euro como sobre la libra esterlina y el franco suizo, por los vínculos económicos entre estos países. Esto sustenta el hecho de que los parámetros  $b_{3,3}$ ,  $b_{4,3}$  y



$b_{5,3}$  no puedan ser 0. Además de esto, se considera que imponer una restricción de nulidad sobre la posición  $b_{1,3}$  sería algo poco plausible, pues las importaciones provenientes de toda Europa continental representan aproximadamente el 17% del total de las compras al exterior de Colombia, por lo que es un mercado importante, que en principio si se enfrenta a un choque, no se podría descartar ex-ante el que presentara un impacto contemporáneo sobre el precio de las importaciones del país. Sobre el resto de elementos de la columna tres se imponen restricciones de nulidad, dado que ante una perturbación como la mencionada no se esperarían movimientos contemporáneos en las cotizaciones de estas monedas.

De este choque sobre la economía europea, siendo positivo por ejemplo, se espera que derive en una fortaleza tanto del euro como de la libra esterlina y del franco suizo contra todas las monedas, lo que se podría ver como debilidad del resto de monedas. En cuanto al debilitamiento de monedas el peso no sería la excepción, lo que conduciría a que se encarecieran las importaciones colombianas, y llevaría a esperar una respuesta positiva en esta variable. Los respuestas sobre las otras cotizaciones de monedas se esperaría se reflejaran con signo negativo.

El choque cuatro se da únicamente sobre la economía británica, de manera que en principio se esperaría que solo moviera la cotización entre el dólar y la libra esterlina, fortaleciendo a esta última moneda en caso de que el impacto fuera positivo por ejemplo. Es plausible asumir restricciones de nulidad en todas las otras posiciones diferentes a  $b_{4,4}$ , pues no se esperan respuestas contemporáneas de las otras variables ante un choque en la economía del Reino Unido.

Con respecto al choque cinco, que se define como una perturbación de apetito o aversión al riesgo, tan solo se imponen dos restricciones de nulidad sobre la segunda y la tercera posición de la columna 5 en la matriz  $B$ , que corresponden a las respuestas ante el choque del tipo de cambio entre el euro y el dólar y entre la libra y el dólar. En periodos de calma en los mercados internacionales tienden a fortalecerse las monedas cuyas tasas de interés son comparativamente más altas, mientras que aquellas con bajas tasas de interés tienden a debilitarse, lo que se conoce como el *carry-trade*<sup>8</sup>. Lustig, Roussanov, y Verdelhan (2008) muestran que los retornos del *carry-trade*

---

<sup>8</sup>El *carry-trade* se fundamenta en el incumplimiento de la paridad descubierta de interés, que hace rentable invertir en monedas con tasa nominal alta y fondearse en monedas de tasa nominal baja. A lo anterior se le conoce como el *forward premium puzzle* (FPP), hecho documentado ampliamente en la literatura desde los años ochenta en trabajos como los de Hansen y Hodrick (1980) y Fama (1984). Para una visión reciente del FPP se puede consultar a Brunnermeier, Nagel, y Pedersen (2008).

se pueden explicar con dos factores: uno asociado directamente al dólar estadounidense y otro a los cambios en la volatilidad de los mercados, es decir a los cambios en el apetito o la aversión al riesgo. En este orden de ideas, se esperaría que ante un incremento en la aversión al riesgo el franco suizo y el yen japonés se fortalecieran, pues estas economías se han caracterizado por además de tener tasas de interés bajas, presentar superávit de cuenta corriente, y sus monedas suelen conocerse por esto. A diferencia de esto, se esperaría una debilidad por parte del peso y del dólar australiano, derivada del nivel de las tasas de interés de estas economías, que comparativamente suele ser más elevado.

En lo que al euro respecta, se esperaría que el impacto no fuera considerable, hecho por el cual se impone restricción de nulidad, esto porque en general las tasas de Estados Unidos y Europa son muy parecidas, de manera que la cotización entre ambas monedas no debería modificarse en momentos de aversión al riesgo. Algo similar se espera para la libra esterlina, pues en términos generales las tasas en el Reino Unido se parecen bastante a las tasas en Europa, además de que este mercado es grande y profundo, por lo que el impacto de aversión al riesgo se esperaría que no fuera relevante. El caso con el dólar canadiense podría ser similar en cuánto a que las tasas de interés suelen ser similares, sin embargo la menor liquidez del mercado canadiense, hecho que se observa en el cuadro 1, puede hacerlo más vulnerable a flujos de aversión al riesgo. En efecto, autores como Brunnermeier et al. (2008), señalan que la liquidez es uno de los factores que se encuentran detrás de los movimientos en el *carry trade*, por lo cual no se impone restricción de nulidad en el parámetro  $b_{5,5}$ . Finalmente, de la debilidad esperada de la moneda nacional derivaría contemporáneamente un encarecimiento de las importaciones, que se reflejaría en una respuesta positiva de dicha variable ante el choque.

El sexto choque, ilustrado en la columna seis de la matriz  $B$ , presenta restricciones de nulidad para casi todas sus posiciones, exceptuándose los parámetros  $b_{1,6}$  y  $b_{2,6}$ . Este choque se define como un impacto que se presenta sobre la economía colombiana. En principio, se esperaría que como consecuencia de este choque la moneda se altere, es decir, que se modifique el tipo de cambio entre el peso y el dólar. A consecuencia de esto, el precio de las importaciones colombianas cambiarían su valor, pues como se explicó anteriormente, hay importadores que cotizan según la TRM del día, de manera que se esperaría que ese choque se refleje en una modificación del precio de los bienes importados de Colombia. Esto explica el hecho de que las dos primeras posiciones de la columna

seis no puedan ser 0.

Sobre las otras posiciones de la sexta columna se imponen restricciones de nulidad porque es plausible pensar que algo que suceda en la economía colombiana no altere las cotizaciones del tipo de cambio entre el dólar y las otras monedas consideradas, a saber, el euro, la libra esterlina, el franco suizo, el dólar australiano, el dólar canadiense y el yen japonés. Las respuestas esperadas para este choque, en caso de que sea negativo por ejemplo, son que la moneda se debilite, incrementándose así el tipo de cambio entre el peso y el dólar, lo que encarecería instantáneamente las importaciones de Colombia, es decir, se incrementaría el precio de los bienes importados de Colombia.

La séptima perturbación se da únicamente sobre la economía canadiense, de manera que en principio se esperaría que solo moviera la cotización entre el dólar norteamericano y el dólar canadiense, fortaleciendo a esta última moneda en caso de que la perturbación fuera positiva por ejemplo. En todas las otras posiciones de la columna siete se asumen restricciones de nulidad, dado que no sería plausible esperar respuestas contemporáneas de las otras variables ante un choque en la economía canadiense. Finalmente, el octavo choque se define como un impacto sobre la economía japonesa, del que se esperaría que solo afectara la cotización entre el dólar y el yen, fortaleciéndose este último en caso de que el choque fuera positivo. Esto se espera que se vea reflejado en el parámetro  $b_{8,8}$  de la columna ocho, pues sobre el resto de parámetros se impusieron restricciones de nulidad, dado que en principio no se presentan respuestas contemporáneas de las demás variables ante el choque en Japón.

#### 4. Impacto de los choques estructurales

En la sección anterior se mencionaron las restricciones de nulidad impuestas a la matriz  $B$ . En general, para garantizar la identificación de los choques en un SVAR es necesario imponer un número mínimo de estas restricciones. Si se sobrepasa este número el sistema pasa a estar sobre-identificado por lo que se debe verificar si el exceso de restricciones es plausible. En este caso las restricciones adicionales fueron aceptadas.

Los gráficos de las respuestas de las diferentes variables ante los ocho choques se encuentran en el apéndice B. En primer lugar, en la figura 1 en el apéndice B se observa que ante el choque número

uno, que fue descrito como una perturbación en el precio de las materias primas, se presentan respuestas negativas del dólar canadiense y del dólar australiano, reflejando la mayor debilidad de estas monedas ante el choque negativo. En adición a esto, para el caso de una perturbación negativa, también se esperaba que se debilitara el peso a consecuencia de que la economía colombiana es exportadora neta de materias primas, hecho que se puede observar en la respuesta acumulada de esta variable en la figura 1. La respuesta de los precios de bienes importados de Colombia ante este choque resultó ser la esperada, reflejándose así un ascenso en el precio de las importaciones como consecuencia de la perturbación. Otro fenómeno que se observó a raíz de este choque, que en principio no se esperaba, fue un debilitamiento de la libra esterlina. Sin embargo, comparando las respuestas de esta variable con las del dólar australiano y el canadiense respectivamente, son mucho mayores las de estas monedas, indicando que ante el choque negativo de materias primas se debilitan en mayor medida.

En segundo lugar, el choque que se presenta sobre la economía norteamericana, causa en términos generales las respuestas esperadas sobre las monedas distintas del dólar. Como se observa en la figura 2 del apéndice B, una perturbación positiva en Estados Unidos fortalece al dólar contra todas las monedas consideradas en la especificación del modelo. Es importante recordar sobre estas respuestas, que el tipo de cambio entre el dólar y las demás monedas diferentes al peso está expresado en términos de dólares. Si bien la mayoría de las variables reflejan el impacto esperado ante la perturbación en la economía estadounidense, tanto las respuestas de los precios de importación como del tipo de cambio entre el dólar y el peso no resultaron ser significativas, lo que imposibilita aseverar que ante dicho choque se presente un debilitamiento del peso y un encarecimiento de las importaciones.

En tercer lugar, las respuestas de las variables a la perturbación sobre la economía europea, que se puede apreciar en la figura 3, reflejan la fortaleza del euro, de la libra esterlina y del franco suizo, aunque para el caso de éste último dicha respuesta se materializa a partir del segundo periodo luego de que se presenta la perturbación. Por otro lado, la respuesta de los precios de importación no fue significativa, denotando que no se puede afirmar que se presenta un encarecimiento de las importaciones como consecuencia del choque, que era lo que se consideraba en el análisis a priori. De la misma manera, los impactos sobre las otras monedas no fueron significativos.

En cuarto lugar, en la figura 4 se refleja como la libra esterlina se fortalece ante la perturbación

positiva en la economía británica, tal y como se esperaba desde el análisis previo en la definición de las restricciones que se debían imponer sobre la matriz  $B$ . Además de esto, las respuestas del euro y del franco suizo resultaron ser significativas, reflejando debilidad ante el choque. Si bien este resultado no se esperaba, no es descabellado, pues dada la cercanía de las economías es considerable que se presenten efectos contemporáneos ante la perturbación. En adición, la magnitud de la debilidad de la libra en comparación a la de las otras monedas, ratifica la importancia del choque que se presenta en el Reino Unido sobre su propia moneda, que era lo que se esperaba en un principio.

En quinto lugar, las respuestas ante el choque de aversión al riesgo son en términos generales las esperadas. Como se observa en la figura 5 del apéndice B, tanto el yen japonés como el franco suizo se fortalecen como consecuencia de la perturbación. Por otro lado, la debilidad esperada del dólar australiano y del peso se puede apreciar en las respuestas acumuladas, aunque para la segunda variable en mención tan solo sea significativa la debilidad por 3 periodos. Finalmente, la respuesta de los precios de importación no resulta ser significativa, situación que también ocurre con las respuestas del euro, de la libra y del dólar canadiense.

En sexto lugar, en la figura 6 del apéndice B se observa que ante el choque número seis, que fue descrito como un impacto sobre la economía colombiana, responden positivamente las variables de precios de importación y de la cotización entre el peso y el dólar. Los resultados son los esperados, de manera que ante un choque negativo a la economía colombiana, la moneda se debilita ó sube el tipo de cambio entre el peso y el dólar, y las importaciones se encarecen. La fortaleza de la respuesta a esta innovación contrasta con el débil impacto del choque a la economía norteamericana, lo cual es consistente con la mayor volatilidad de la economía colombiana. Además, al ser Colombia una economía pequeña y abierta, es tomadora de precios en los mercados internacionales, de donde se desprende la fuerte respuesta de los precios de las importaciones; por el contrario la innovación a la economía estadounidense fortalece al dólar contra todas las demás monedas, lo que puede reducir significativamente la demanda por exportaciones de los Estados Unidos al punto que los exportadores reducen sus precios. Las respuestas de las otras variables ante la perturbación descrita no resultan ser significativas.

Finalmente, el séptimo y el octavo choque se pueden apreciar en las figuras 7 y 8 del apéndice B respectivamente. Dichas perturbaciones sobre la economía canadiense y la japonesa, que se con-

sideraron como negativas, producen una fortaleza sobre el dólar canadiense para el caso del choque siete, y una fortaleza del yen japonés para el caso del choque ocho, tal y como se esperaba para ambos casos. Las demás respuestas de las otras variables no son significativas, sugiriendo en principio que dichos choques sólo afectan contemporáneamente a la moneda del país donde se generó la perturbación.

Luego de analizar las respuestas de las variables, se observa como el primer y sexto choque, que corresponden respectivamente al impacto sobre los precios de las materias primas y al impacto sobre la economía colombiana, son los únicos choques significativos para el precio de las importaciones, aunque de aquí no se puede concluir directamente una importancia relativa por moneda para el cubrimiento de las perturbaciones. Siguiendo esta misma línea, como se observó en las funciones de impulso respuesta ante choques estructurales, la respuesta de los precios de las importaciones a los movimientos de una moneda dependerán del tipo de perturbación estructural que la generó. Más precisamente, el grado de Pass-Through a los precios de bienes importados va a depender del tipo de choque que se presente.

Además de esto, el hecho de que por ejemplo el impacto observado sobre los precios de importación fruto del choque sobre la economía europea sea mayor en comparación a la respuesta de esta variable ante la perturbación a la economía de Estados Unidos, no implica que el adecuado cubrimiento de las importaciones se deba realizar teniendo más euros que dólares, pues en principio como bien se observa en todos los gráficos del apéndice B, una perturbación puede mover perfectamente varias monedas al mismo tiempo. Este tipo de resultados, sumados a los anteriormente comentados, sugieren la necesidad de plantear un ejercicio complementario derivado de estas estimaciones del que se pueda obtener una composición cambiaria para las reservas internacionales, persiguiendo el objetivo de preservar el poder adquisitivo de las mismas, que no sería otra cosa que tener las monedas que permitan hacer un cubrimiento ante las modificaciones que se puedan presentar sobre el precio de los bienes importados ante diversas fuentes de choque.

## 5. Aplicación a la composición cambiaria

Como se discutió anteriormente, uno de los principales objetivos perseguidos con la acumulación de reservas internacionales es el adecuado cubrimiento de los egresos de la balanza de pagos ante un potencial cierre repentino de las fuentes externas de financiación. Este trabajo se ha concentrado en identificar, más que la incidencia, la correlación entre los movimientos de diversos tipos de cambio con los precios de los bienes importados.

El objetivo en esta sección es encontrar la combinación de monedas que mejor replique los movimientos de los precios de los bienes importados en respuesta a los diversos choques que los afectan, lo cual preserva el poder adquisitivo de las reservas en términos de los bienes importados. No obstante, dado que el proceso de ajuste de los precios en respuesta a estos choques no es instantáneo, se buscará la composición que mejor replique el impacto acumulado total de estos choques en los precios de las importaciones.

Como se puede observar en el apéndice B, para todas las innovaciones los impactos acumulados se estabilizan completamente luego de 12 meses, incluso la mayor parte de éstos ocurre en los primeros 6 meses. Dado que el objetivo de la composición cambiaria que se determinará acá es preservar en el largo plazo el poder adquisitivo de las reservas internacionales, se hará énfasis en los efectos de largo plazo.

### 5.1. El impacto acumulado de largo plazo

Teniendo en cuenta la definición de los choques estructurales ( $u_t = B \cdot e_t$ ), se considera la representación de media móvil  $MA(\infty)$  del proceso VAR especificado en la ecuación (1):

$$\Delta(y_t) = (I_8 - A_1)^{-1} \cdot A_0 + \sum_{i=0}^{\infty} (A_1)^i \cdot B \cdot e_{t-i}, \quad (4)$$

donde  $I_8$  es la matriz identidad de  $8 \times 8$  y  $A_1^0 = I_8$ . De aquí se tiene que el impacto de una realización del choque estructural  $e_t$  sobre  $\Delta(y_{t+s})$  será  $(A_1)^s \cdot B \cdot e_t$ , para todo  $s \geq 0$ .

Ahora, recordando que  $\Delta(y_t)$  es la variación mensual de las variables, el impacto de un choque estructural  $e_t$  en el periodo  $t$  en el *nivel* de la variable  $y_{t+s}$  será la suma de los impactos de  $e_t$  sobre

cada una de las variaciones  $\Delta(y_{t+i})$  con  $0 \leq i \leq s$ , de donde el impacto acumulado hasta el periodo  $t + s$  sería:

$$\sum_{i=0}^s ((A_1)^i \cdot B \cdot e_t) = \left[ \sum_{i=0}^s (A_1)^i \right] \cdot B \cdot e_t = \left[ (I_8 - A_1)^{-1} \cdot (I_8 - (A_1)^s) \right] \cdot B \cdot e_t. \quad (5)$$

De la representación  $MA(\infty)$  de la ecuación (4) se observa que la estabilidad del modelo VAR implica que el límite cuando  $s$  tiende a infinito de  $(A_1)^s$  es la matriz nula. En realidad las condiciones son equivalentes pues la condición del límite implica que todos los valores propios de  $A_1$  tienen norma menor a 1. Entonces el impacto de largo plazo sería:

$$\Psi = \lim_{s \rightarrow \infty} \left[ (I_8 - A_1)^{-1} \cdot (I_8 - (A_1)^s) \right] \cdot B \cdot e_t = (I_8 - A_1)^{-1} \cdot B. \quad (6)$$

Dada una realización del vector de errores estructurales  $e_t$ , el vector  $\Theta(e_t) = \Psi \cdot e_t$  recogería el impacto total de esta perturbación sobre el precio de las importaciones y de cada una de las tasas de cambio. En detalle, si se definen las componentes del vector  $\Theta(e_t)$  como:

$$\Theta(e_t)' = [\theta_1(e_t), \theta_2(e_t), \theta_3(e_t), \theta_4(e_t), \theta_5(e_t), \theta_6(e_t), \theta_7(e_t), \theta_8(e_t)],$$

se tiene en este caso que  $\theta_1(e_t)$  sería el impacto total de todos los choques incluidos en  $e_t$  en los precios de los bienes importados,  $\theta_2(e_t)$  el impacto sobre la tasa de cambio de pesos por 1 dólar y  $\theta_3(e_t), \dots, \theta_8(e_t)$  los impactos sobre la tasa de cambio de dólares por una unidad de euro, libra esterlina, franco suizo, dólar australiano, dólar canadiense y yen japonés respectivamente.

## 5.2. El caso de perfecta certidumbre

En el caso hipotético de perfecta certidumbre, si se conociera con anterioridad el choque  $e_t$ , el objetivo sería elegir los pesos de las monedas diferentes al dólar en las reservas internacionales:  $w_3, w_4, w_5, w_6, w_7$  y  $w_8$  de modo que:

$$\theta_1(e_t) = \theta_2(e_t) + w_3\theta_3(e_t) + w_4\theta_4(e_t) + w_5\theta_5(e_t) + w_6\theta_6(e_t) + w_7\theta_7(e_t) + w_8\theta_8(e_t); \quad (7)$$

$$w_i \geq 0, \quad \forall i \in \{3, 4, 5, 6, 7, 8\} \quad \text{y}$$

$$1 - \sum_{i=3}^8 w_i \geq 0.$$



En ese caso, la composición cambiaria sería  $(1 - \sum_{i=3}^8 w_i)$  en dólares y  $w_3, \dots, w_8$  en euro, libra esterlina, franco suizo, dólar australiano, dólar canadiense y yen japonés respectivamente. La diferencia en la forma funcional que determina la participación del dólar estadounidense se debe la diferencia en las tasas de cambio que se incluyen en el modelo, esto se puede entender suponiendo que en un principio las reservas están en dólares estadounidenses y luego, dependiendo de la pertinencia de ganar exposición a la tasa de cambio de dólares por 1 euro, capturada en  $w_3$ , se venden dólares y se compran euros.

En notación matricial, a cada vector  $\bar{w}' = [-1, 1, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7, w_8]$  se le puede asociar una composición cambiaria como se describe anteriormente, de modo que el impacto de una realización  $e_t$  de los choques estructurales sobre el poder adquisitivo de las reservas internacionales sería:

$$\nabla(\bar{w}, e_t) = \bar{w}' \cdot \Theta(e_t) = \bar{w}' \cdot \Psi \cdot e_t. \quad (8)$$

Nótese que la condición  $\nabla(\bar{w}, e_t) = 0$  es equivalente a la de la ecuación (7).

Dado un valor de  $e_t$  existirán en general infinitos vectores  $\bar{w}(e_t)$  que verifican la condición  $\nabla(\bar{w}(e_t), e_t) = 0$  pues es un sistema lineal de una ecuación y 6 incógnitas, por lo que existiría una infinidad de vectores que realizarían un perfecto cubrimiento del choque. Es claro que este es un escenario inverosímil en el que se conocen *ex-ante* los valores de los errores estructurales que ocurrirán. No obstante lo presentado en esta sección sirve como introducción para el caso más natural de incertidumbre frente a las innovaciones.

### 5.3. El caso de incertidumbre

En el caso de incertidumbre, el objetivo se convierte en minimizar la magnitud del efecto *esperado* de los choques sobre el poder adquisitivo de las reservas. En términos de la función  $\nabla$  definida en la ecuación (8) el problema se puede definir como:

$$\begin{aligned}
& \min_{\bar{w}} \text{E} \left[ (\nabla(\bar{w}, e_t))^2 \right] \\
& \text{sujeto a: } w_1 = -1, \quad w_2 = 1, \\
& w_i \geq 0 \quad \forall i \in \{3, 4, 5, 6, 7, 8\} \quad \text{y} \\
& w_2 - \sum_{i=3}^8 w_i \geq 0.
\end{aligned} \tag{9}$$

### 5.3.1. Especificación del problema

La función objetivo del problema descrito en (9) se puede descomponer de la siguiente manera:

$$\text{E} \left[ (\nabla(\bar{w}, e_t))^2 \right] = \text{E} \left[ (\bar{w}' \cdot \Psi \cdot e_t)^2 \right] = \text{E} \left[ \bar{w}' \cdot \Psi \cdot e_t \cdot e_t' \cdot \Psi' \cdot \bar{w} \right]$$

Reemplazando de la ecuación (6):

$$\text{E} \left[ (\nabla(\bar{w}, e_t))^2 \right] = \text{E} \left[ \bar{w}' \cdot (I_8 - A_1)^{-1} \cdot B \cdot e_t \cdot e_t' \cdot B' \cdot ((I_8 - A_1)^{-1})' \cdot \bar{w} \right]$$

y por la definición de los choques estructurales (ecuación (2)) se tiene:

$$\begin{aligned}
\text{E} \left[ (\nabla(\bar{w}, e_t))^2 \right] &= \text{E} \left[ \bar{w}' \cdot (I_8 - A_1)^{-1} \cdot u_t \cdot u_t' \cdot ((I_8 - A_1)^{-1})' \cdot \bar{w} \right] \\
&= \bar{w}' \cdot (I_8 - A_1)^{-1} \cdot \text{E} [u_t \cdot u_t'] \cdot ((I_8 - A_1)^{-1})' \cdot \bar{w} \\
&= \bar{w}' \cdot (I_8 - A_1)^{-1} \cdot \Sigma_u \cdot ((I_8 - A_1)^{-1})' \cdot \bar{w}.
\end{aligned} \tag{10}$$

Donde  $\Sigma_u$  es la matriz de varianza y covarianza de los errores  $u_t$  observados que presentan correlación instantánea, a diferencia de los errores estructurales  $e_t$  que se suponen independientes.

Dado que  $\Sigma_u$  es una matriz de varianza y covarianza, es definida positiva. Además por las condiciones de estabilidad del modelo la matriz  $(I_8 - A_1)^{-1}$  existe y es invertible, lo que implica que  $(I_8 - A_1)^{-1} \cdot \Sigma_u \cdot ((I_8 - A_1)^{-1})'$  es también definida positiva, por lo que la especificación del problema de minimización es adecuada.

Además de lo anterior, de la ecuación (10) se deduce también que la composición cambiaria encontrada no depende de la especificación de los choques estructurales, pues para cualquier especificación de la matriz  $B$  los errores  $e_t$  cumplen que  $u_t = B \cdot e_t$  y  $\Sigma_u = B \cdot \Sigma_e \cdot B'$ .

### 5.3.2. Composición cambiaria óptima

Una vez comprobada la correcta especificación del problema y con las matrices  $A_1$  y  $\Sigma_u$  estimadas se calcula la composición cambiaria óptima. Para esto se resuelve el problema planteado en las ecuaciones (9) empleando el método del Gradiente Reducido Generalizado.

Al realizar el ejercicio se obtienen los siguientes valores: Los resultados arrojan una composi-

Cuadro 2: Resultados de la optimización								
Parámetro	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$	$w_6$	$w_7$	$w_8$
Valor	-1	1	0.0000	0.0778	0.0000	0.2285	0.2042	0.0000
Composición cambiaria								
Moneda	USD	EUR	GBP	CHF	AUD	CAD	JPY	
Parámetro	$(w_2 - \sum_{i=3}^8 w_i)$	$w_3$	$w_4$	$w_5$	$w_6$	$w_7$	$w_8$	
Valor	48.95 %	0.00 %	7.78 %	0.00 %	22.85 %	20.42 %	0.00 %	

ción cambiaria de 49.0 % dólares estadounidenses, 24.5 % de dólares australianos, 20.4 % de dólares canadienses y 7.0 % de yenes japoneses.

Sin embargo, al analizar la reducción en el impacto esperado de los choques, el cubrimiento alcanzado parece poco satisfactorio. En particular si se considera sólo el impacto esperado de las innovaciones estructurales en los precios y se compara con el esperado para el portafolio encontrado en la optimización se encuentra que la reducción en la desviación promedio es bastante baja:

$$E \left[ \nabla ([1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0], e_t)^2 \right]^{0,5} = 0,02719$$

$$E \left[ \nabla (\bar{w}^*, e_t)^2 \right]^{0,5} = 0,01963,$$

donde  $\bar{w}^*$  es el vector resultante del ejercicio de optimización.

Lo anterior se debe a que las cotizaciones de las monedas son en general mucho más volátiles que los precios de las importaciones, como se observa en la matriz de varianza y covarianza de los errores, reproducida en el cuadro 5 del apéndice A. Al fijar  $w_2 = 1$  se está requiriendo que un portafolio compuesto por diversas monedas con tipos de cambio bastante volátiles replique la varianza de una serie, denominada en pesos colombianos, relativamente más estable.

Para verificar esta intuición se realizó nuevamente el ejercicio eliminando la restricción  $w_2 = 1$ , cuyos resultados se presentan en el cuadro 6 del apéndice A. Se encuentra que un portafolio con  $w_2 = 0,5408$  de reservas con la composición allí descrita y  $1 - w_2 = 0,4592$  de pesos cubriría mejor los impactos de los choques sobre los precios de las importaciones, dejando una varianza residual de 0.0098. No obstante, no es posible para el banco central mantener reservas internacionales en moneda local, pues no existen activos externos denominados en pesos. Por lo anterior esta composición agregada no sería implementable.

Otra perspectiva de este ejercicio que merece una consideración adicional es la pertinencia de tener un portafolio de reservas que se desvíe procíclicamente de las variaciones los precios de las importaciones. La composición cambiaria descrita en el cuadro 6 del apéndice A cubre en  $\frac{w_1}{w_2} = 1,85$  veces los movimientos de los precios de las importaciones, lo que quiere decir que el poder adquisitivo de las reservas se reduce a medida que caen los precios de las importaciones y crece cuando estos aumentan. Aunque va mucho más allá del alcance de este trabajo, podría ser este efecto deseable hasta cierto punto, ya que los eventos de crisis cambiaria que motivan la tenencia de reservas tienden a generar alzas en el precio de las importaciones, aunque podría implicar fuertes pérdidas para el banco central en periodos de auge.<sup>9</sup>

El segundo ejercicio muestra también que los elevados niveles de dólares australiano y canadiense presentes en la composición restringida son consecuencia de la necesidad de encontrar un portafolio diversificado que reduzca la volatilidad agregada de las monedas a niveles similares a la volatilidad de los precios de las importaciones.

## 6. Conclusiones

Con el planteamiento de diferentes choques que se pudieran presentar en el mercado global o sobre las economías, se pretendía establecer el impacto de dichas perturbaciones sobre los precios de las importaciones de bienes de Colombia y la consecuente respuesta de los tipos de cambio considerados en la estimación del modelo. Se encontró, que el grado de Pass-Through a los precios de bienes importados depende del tipo de choque que se presente, siendo por ejemplo diferente

---

<sup>9</sup>Para una aproximación al enfoque de invertir las reservas internacionales en activos cuyo valor esté correlacionado positivamente con la posibilidad de requerirlas véase Caballero y Panageas (2005).

la transmisión si la fuente de la perturbación proviene de un choque a la economía colombiana o si procede de un choque a la economía estadounidense. De esta manera, mediante las funciones impulso respuesta acumuladas, se pudo apreciar como el Pass-Through de las variaciones del tipo de cambio entre el peso y el dólar a los precios de bienes importados es mayor cuando el movimiento se da fruto de una perturbación a la economía colombiana, en comparación a cuando el choque se presenta sobre la economía estadounidense.

Por otro lado, el hecho de que por ejemplo el impacto observado sobre los precios de importación inducido por una innovación en la economía europea sea mayor en comparación a la respuesta de esta variable ante la perturbación a la economía de Estados Unidos, no implica que el adecuado cubrimiento de las importaciones se deba realizar teniendo más euros que dólares, pues en principio una perturbación puede mover perfectamente varias monedas al mismo tiempo y lo importante es la correlación entre los movimientos de las monedas y los precios de las importaciones, no tanto la fuente de éstos.

Este tipo de conclusiones, sumadas al hecho de que se encontrara que el proceso de ajuste de los precios en respuesta a los choques no era instantáneo, llevó a que se buscara la composición que mejor replicara el impacto acumulado total de los choques en los precios de las importaciones, esto en lugar de encontrar la combinación de monedas que mejor replicase los movimientos de los precios de los bienes importados. Teniendo en cuenta lo anterior, los resultados indicaron que el dólar estadounidense es un componente principal de una composición cambiaria que preserve el poder adquisitivo de las reservas, aunque también reflejaron la importancia de la diversificación para reducir la volatilidad agregada del portafolio de modo que sea consistente con la de los precios de las importaciones, que son relativamente más estables que los tipos de cambio. Se enfatiza en el ejercicio realizado buscó cubrir la parte de las importaciones de los egresos de la balanza de pagos, más no el total de la misma.

En adelante, sobre este campo quedan muchas cosas por investigar, dado que como se comentó en repetidas ocasiones suelen abordarse los fenómenos del ERPT asociados a la política monetaria, más no a una posible composición cambiaria de reservas internacionales. Por otro lado, hay que tener en cuenta que los canales de transmisión pueden cambiar en el tiempo, por lo que las respuestas de las variables no serían las mismas ante dicha evolución. Esto plantea la posibilidad de considerar modelos con parámetros cambiantes, de manera que una estimación del modelo sea

robusta a través del tiempo.

También explorar nuevas metodologías y considerar caminos alternativos para estudiar el cumplimiento de la totalidad de los egresos de la balanza de pagos mediante una composición cambiaria adecuada, es algo sobre lo que queda mucho terreno por examinar.

Por último, sería interesante considerar la correlación existente entre los precios de las importaciones y la potencial necesidad de emplear las reservas. Hasta cierto punto puede ser deseable que las reservas se valoricen en periodos de dificultades cambiarias y se desvaloricen en periodos de auge en los que la probabilidad de necesitarlas es baja.

## Referencias

- Albuquerque, C., y Portugal, M. (2004). *Pass-through from exchange rate to prices in brazilian analysis using time-varying parameters for the 1980-2002 period* (Econometric Society 2004 Latin American Meetings n.º 166). Econometric Society.
- Amisano, G., y Giannini, C. (1997). *Topics in structural var econometrics* (2nd ed ed.). Berlín: Springer, Verlag.
- Bahmani-Oskooee, M., y Brown, F. (2002, July). Demand for international reserves: A review article. *Applied Economics*, 34(10), 1209-26.
- Bailliu, J., y Bouakez, H. (2004). Exchange rate pass-through in industrialized countries. *Bank of Canada Review*, 19-28.
- Beaufort-Wijnholds, J. A. H. de, y Kapteyn, A. (2001, octubre). *Reserve adequacy in emerging market economics* (IMF Working Papers n.º 01/143). International Monetary Fund.
- Belaisch, A. (2003). *Exchange rate pass-through in brazil* (IMF Working Paper n.º 03/141). Washington: International Monetary Fund.
- Brunnermeier, M., Nagel, S., y Pedersen, L. (2008). *Carry trades and currency crashes* (NBER Working Papers n.º 14473). National Bureau of Economic Research, Inc.
- Caballero, R., y Panageas, S. (2005). *A quantitative model of sudden stops and external liquidity management* (NBER Working Papers n.º 11293). National Bureau of Economic Research, Inc.

- Campa, J. M., y Goldberg, L. S. (2005, December). Exchange rate pass-through into import prices. *The Review of Economics and Statistics*, 87(4), 679-690.
- Campa, J. M., y Gonzalez, J. (2002). *Differences in exchange rate pass-through in the euro area* (IESE Research Papers n.º 479). IESE Business School.
- Campa, J. M., y González, J. M. (2002, Octubre). *La transmisión de los movimientos de tipo de cambio del euro a los costos y precios del área* (Documento de Investigación n.º 479). Barcelona: Universidad de Navarra.
- Chen, S.-S., y Engel, C. (2005, 02). Does 'aggregation bias' explain the ppp puzzle? *Pacific Economic Review*, 10(1), 49-72.
- Dooley, M., Lizondo, S., y Mathieson, D. (1989). *The currency composition of foreign exchange reserves* (Inf. Téc.). International Monetary Fund.
- Edwards, S. (2004, febrero). *Thirty years of current account imbalances, current account reversals and sudden stops* (NBER Working Papers n.º 10276). National Bureau of Economic Research, Inc.
- Eichengreen, B., y Frankel, J. A. (1996, junio). *On the sdr: Reserve currencies and the future of the international monetary system* (Center for International and Development Economics Research (CIDER) Working Papers n.º C96-068). University of California at Berkeley.
- Eichengreen, B., y Mathieson, D. (2000). *The currency composition of foreign exchange reserves: Retrospect and prospect* (Inf. Téc.). International Monetary Fund.
- Fama, E. (1984). Forward and spot exchange rates. *Journal of Monetary Economics*, 14, 319-318.
- Feinberg, R. M. (2000). The role of international discipline in three developing economies: Exchange rate effects on domestic prices in colombia, korea, and morocco. *Review of International Economics*, 8, 126-33.
- Frankel, J. A., Parsley, D. C., y Wei, S.-J. (2005, March). *Slow passthrough around the world: A new import for developing countries?* (Working Paper n.º 11199). National Bureau of Economic Research.
- Fuentes, F., y Mendoza, O. (2007, Julio). *Dinámica del pass through de tipo de cambio en economías pequeñas y abiertas: El caso de república dominicana* (Colección Economía y Finanzas - Serie Documentos de Trabajo n.º 78). Caracas: Banco Central de Venezuela.
- García, C. J., y Restrepo, J. E. (2001). *Price inflation and exchange rate pass-through in chile* (Working Papers Central Bank of Chile n.º 128). Central Bank of Chile.
- García, P., y Soto, C. (2004, diciembre). *Large hoardings of international reserves: Are they worth*

- it?* (Working Papers Central Bank of Chile n.º 299). Central Bank of Chile.
- Goldberg, P., y Knetter, M. (1997). Goods prices and exchange rates: What have we learned? *Journal of Economic Literature*, XXXV, p.1243-272.
- González, A., Rincón, H., y Rodríguez, N. (2008). *La transmisión de los choques a la tasa de cambio sobre la inflación de los bienes importados en presencia de asimetrías* (Borradores de Economía n.º 532). Bogotá: Banco de la República de Colombia.
- Gottschalk, J. (2001, August). *An introduction into the svar methodology: Identification, interpretation and limitations of svar models* (Inf. Téc. n.º 1072). Kiel Institute of World Economics.
- Guzmán, J., y Padilla, R. (2003). *The ratio of international reserves to short-term external debt as an indicator of external vulnerability* (Working Papers Central Bank of Mexico). Central Bank of Mexico.
- Hansen, L., y Hodrick, R. (1980). Forward exchange rates as optimal predictors of future spot rates: An econometric analysis. *Journal of Political Economy*, 88, 829-53.
- Ihrig, J. E., Marazzi, M., y Rothenberg, A. D. (2006). *Exchange-rate pass-through in the G-7 countries* (International Finance Discussion Papers n.º 851). Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.).
- Imbs, J., Mumtaz, H., Ravn, M., y Rey, H. (2005a, January). Ppp strikes back: Aggregation and the real exchange rate. *The Quarterly Journal of Economics*, 120(1), 1-43.
- Imbs, J., Mumtaz, H., Ravn, M. O., y Rey, H. (2005b, septiembre). *“aggregation bias” does explain the ppp puzzle* (NBER Working Papers n.º 11607). National Bureau of Economic Research, Inc.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 231 - 254.
- Johansen, S. (1995). Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models.
- Juselius, K. (2006). The cointegrated var model: Methodology and applications.
- León, J., Morera, A. P., y Ramos, W. (2001). *El pass through del tipo de cambio: Un análisis para la economía costarricense de 1991 al 2001* (Documento de Investigación). Banco Central de Costa Rica.
- Lustig, H., Roussanov, N., y Verdelhan, A. (2008, junio). *Common risk factors in currency markets* (NBER Working Papers n.º 14082). National Bureau of Economic Research, Inc. Disponible en <http://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/14082.html>
- Lutkepohl, H. (2006). New introduction to multiple time series analysis.



- Marazzi, M., Sheets, N., Vigfusson, R. J., Faust, J., Gagnon, J., Marquez, J., et al. (2005). *Exchange rate pass-through to u.s. import prices: some new evidence* (International Finance Discussion Papers n.º 833). Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.).
- McCarthy, J. (2000). *Pass-through of exchange rates and import prices to domestic inflation in some industrialized economies* (Working Paper n.º 79). Bank for International Settlements.
- Mendoza, O. (2004, Septiembre). *Las asimetrías del pass-through en venezuela* (Serie Documentos de Trabajo n.º 62). Caracas: Banco Central de Venezuela.
- Menon, J. (1995). Exchange rate pass-through. *Journal of Economic Surveys*, 9, 197-231.
- Mohanty, M. S., y Turner, P. (2006, September). Foreign exchange reserve accumulation in emerging markets: what are the domestic implications? *BIS Quarterly Review*.
- Mumtaz, H., Oomen Özlem, y Wang, J. (2006). *Exchange rate pass-through into uk import prices* (Bank of England working papers). Bank of England.
- Muñoz, J. A. (1999). *Pass-through del tipo de cambio* (Papeles de Trabajo. Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales n.º 24). Málaga, España.: Universidad de Málaga.
- Otani, A., Shiratsuka, S., y Shirota, T. (2006, March). Revisiting the decline in the exchange rate pass-through: Further evidence from japan's import prices. *Monetary and Economic Studies*, 24, 61-75.
- Pineau, G., y Dorrucchi, E. (2006, marzo). *The accumulation of foreign reserves* (Occasional Paper Series n.º 43). European Central Bank.
- Rincón, H. (2000). Devaluación y precios agregados en colombia: 1980-1998. *Desarrollo y Sociedad, Centro de Estudios para el Desarrollo (CEDE), Universidad de los Andes*(46).
- Rincón, H., Caicedo, E., y Rodríguez, N. (2007). *Exchange rate pass-through effects: A disaggregate analysis of colombian imports of manufactured goods* (Borradores de Economía n.º 330). Banco de la Republica de Colombia.
- Rodrik, D. (2006, enero). *The social cost of foreign exchange reserves* (NBER Working Papers n.º 11952). National Bureau of Economic Research, Inc.
- Rogoff, K. (1996, June). The purchasing power parity puzzle. *Journal of Economic Literature*, 34(2), 647-668.
- Rojas, B., Rodríguez, N., y Patiño, M. J. (2006). *Estimación del efecto del pass through para la economía paraguaya* (Inf. Téc.). Banco Central de Paraguay.
- Rowland, P. (2003). *Exchange rate pass-through to domestic prices: The case of colombia*. (Borradores de Economía n.º 254). Bogotá: Banco de la República de Colombia.

- Soesmanto, T. (2008). *Currency composition of foreign exchange reserves: A comparative study*. Tesis Doctoral no publicada, Griffith University.
- Summers, L. (2007a). Opportunities in an era of large and growing official wealth. En (cap. 2). Central Banking Publications.
- Summers, L. (2007b). *Reflections on global account imbalances and emerging markets reserve accumulation* (Working Papers n.º id:1042). esocialsciences.com.
- Truman, E. M., y Wong, A. (2006, mayo). *The case for an international reserve diversification standard* (Working Paper Series n.º WP06-2). Peterson Institute for International Economics.
- Winkelried, D. (2003). *Es asimétrico el pass-through en el Perú?: Un análisis agregado* (Estudios Económicos). Banco Central de Reserva del Perú.
- Wong, C.-H., y Carranza, L. (1999). Policy responses to external imbalances in emerging market economies: Further empirical results. *IMF Staff Papers*, 46(2), 5.

## A. Estimación del modelo

Cuadro 3: Estimación del VAR\*

	$\Delta(\ln(IPM_t))$	$\Delta(\ln(COP_t))$	$\Delta(\ln(EUR_t))$	$\Delta(\ln(GBP_t))$	$\Delta(\ln(CHF_t))$	$\Delta(\ln(AUD_t))$	$\Delta(\ln(CAD_t))$	$\Delta(\ln(YEN_t))$
$\Delta(\ln(IPM_{t-1}))$	(0,12379)	(0,27290)	(0,22820)	(0,19223)	(0,24351)	(0,27968)	(0,17792)	(0,26696)
$\Delta(\ln(COP_{t-1}))$	0.121854 (0,06426)	0.412396 (0,14167)	-0.060143 (0,11846)	-0.080052 (0,09979)	-0.038740 (0,12641)	0.042834 (0,14519)	-0.044926 (0,09236)	-0.067942 (0,13859)
$\Delta(\ln(EUR_{t-1}))$	-0.108782 (0,11444)	-0.216975 (0,25229)	0.509100 (0,21096)	0.432602 (0,17771)	0.424609 (0,22512)	0.312422 (0,25856)	0.149800 (0,16448)	0.094518 (0,24680)
$\Delta(\ln(GBP_{t-1}))$	0.056443 (0,06019)	0.091064 (0,13269)	-0.300736 (0,11095)	-0.099073 (0,09346)	-0.435395 (0,11840)	-0.186401 (0,13598)	-0.090050 (0,08651)	-0.187016 (0,12980)
$\Delta(\ln(CHF_{t-1}))$	0.070145 (0,10147)	0.150624 (0,22370)	-0.030438 (0,18706)	-0.134924 (0,15757)	0.096719 (0,19961)	-0.099208 (0,22926)	-0.064440 (0,14585)	0.166571 (0,21883)
$\Delta(\ln(AUD_{t-1}))$	0.020677 (0,04908)	-0.045396 (0,10820)	0.080976 (0,09047)	0.119153 (0,07621)	0.073713 (0,09654)	0.270523 (0,11088)	0.124844 (0,07054)	-0.222190 (0,10584)
$\Delta(\ln(CAD_{t-1}))$	-0.006919 (0,06632)	0.007141 (0,14621)	-0.006520 (0,12226)	0.149298 (0,10299)	-0.009056 (0,13046)	0.015119 (0,14984)	0.032915 (0,09532)	0.146775 (0,14303)
$\Delta(\ln(YEN_{t-1}))$	-0.016610 (0,03917)	-0.039011 (0,08635)	-0.069286 (0,07221)	-0.079271 (0,06082)	-0.085120 (0,07705)	0.014621 (0,08849)	0.013856 (0,05630)	0.215361 (0,08447)
C	0.002439 (0,00099)	0.002466 (0,00218)	0.000316 (0,00182)	-0.000308 (0,00154)	0.000930 (0,00195)	0.002189 (0,00223)	0.002645 (0,00142)	3.65E-05 (0,00213)

Los valores en ( ) corresponden a los errores estándar.

Cuadro 4: Matriz  $B$  Estimada

0,00677	-0,002271	-0,003566	0	0,000717	0,009342	0	0
0,008082	0,002804	0	0	0,006743	0,024767	0	0
0	-0,018958	0,012347	0	0	0	0	0
0	-0,011644	0,004905	0,014268	0	0	0	0
0	-0,021116	0,00744	0	0,008921	0	0	0
-0,016894	-0,017287	0	0	-0,013587	0	0	0
-0,006834	-0,007201	0	0	-0,005025	0	0,013688	0
0	-0,012152	0	0	0,008806	0	0	0,021802

Cuadro 5: Matriz de Varianzas y Covarianzas

0,000151	0,000283	$5,32E - 07$	$6,87E - 07$	$2,82E - 05$	$-8,35E - 05$	$-3,68E - 05$	$3,04E - 05$
0,000283	0,000732	$-4,95E - 05$	$-5,48E - 05$	$3,17E - 06$	$-0,000277$	$-0,000114$	$2,71E - 05$
$5,32E - 07$	$-4,95E - 05$	0,000512	0,000281	0,000494	0,000323	0,000142	0,000236
$6,87E - 07$	$-5,48E - 05$	0,000281	0,000363	0,000272	0,000225	0,000107	0,000113
$2,82E - 05$	$3,17E - 06$	0,000494	0,000272	0,000583	0,000241	0,000111	0,000339
$-8,35E - 05$	$-0,000277$	0,000323	0,000225	0,000241	0,000769	0,000308	0,000102
$-3,68E - 05$	$-0,000114$	0,000142	0,000107	0,000111	0,000308	0,000311	$5,14E - 05$
$3,04E - 05$	$2,71E - 05$	0,000236	0,000113	0,000339	0,000102	$5,14E - 05$	0,000701

Cuadro 6: Ejercicio sin  $w_2 = 1$

Parámetro	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$	$w_6$	$w_7$	$w_8$
Valor	-1	0.5408	0.0000	0.0996	0.0000	0.0000	0.0000	0.0320

Composición cambiaria							
Moneda	USD	EUR	GBP	CHF	AUD	CAD	JPY
Parámetro	$\frac{1}{w_2}(w_2 - \sum_{i=3}^8 w_i)$	$\frac{w_3}{w_2}$	$\frac{w_4}{w_2}$	$\frac{w_5}{w_2}$	$\frac{w_6}{w_2}$	$\frac{w_7}{w_2}$	$\frac{w_8}{w_2}$
Valor	75.68 %	0.00 %	18.41 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	5.91 %

Desviación esperada: 0.0098

## B. Funciones de impulso respuesta

Figura 1: Respuesta Acumulada de las Variables ante el Choque 1

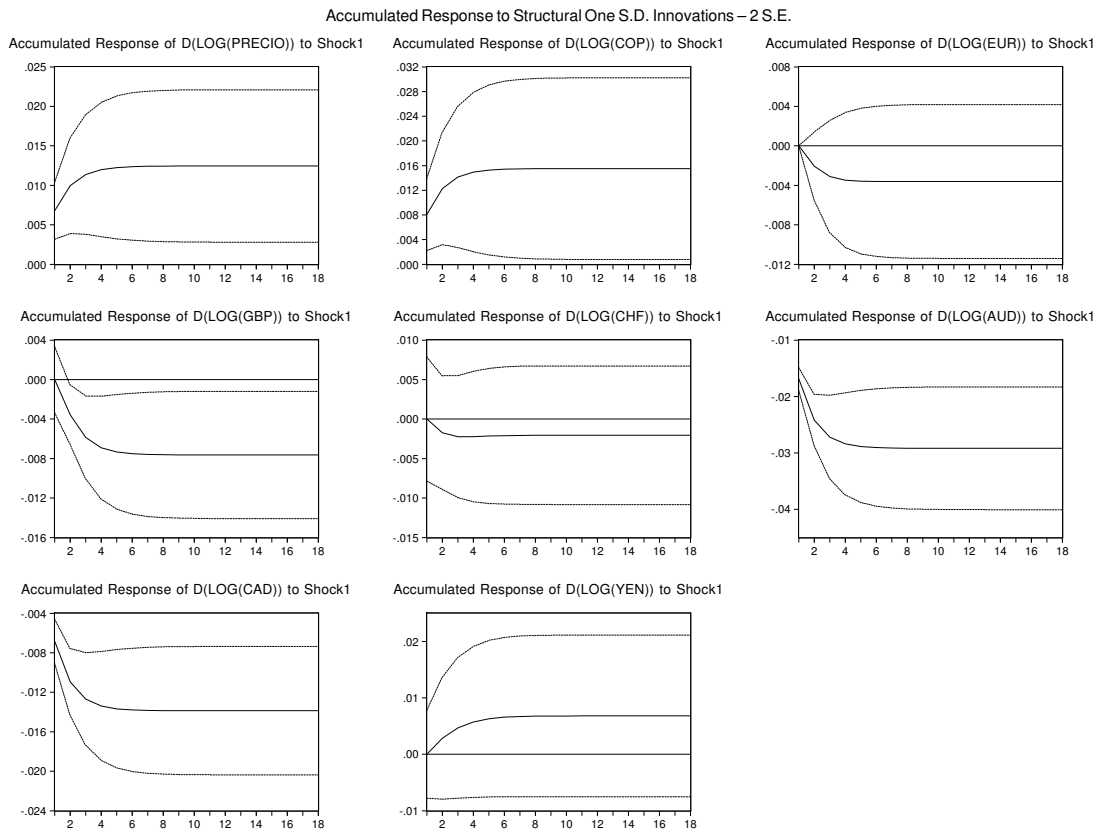


Figura 2: Respuesta Acumulada de las Variables ante el Choque 2

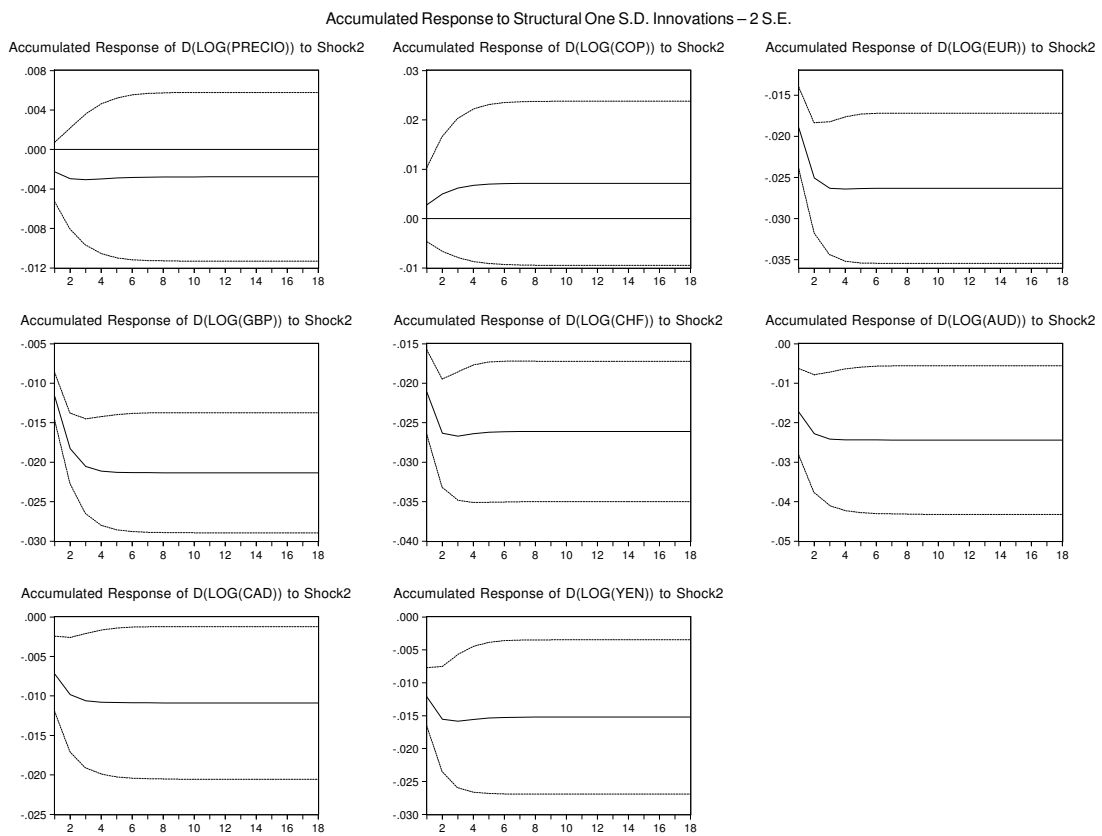


Figura 3: Respuesta Acumulada de las Variables ante el Choque 3

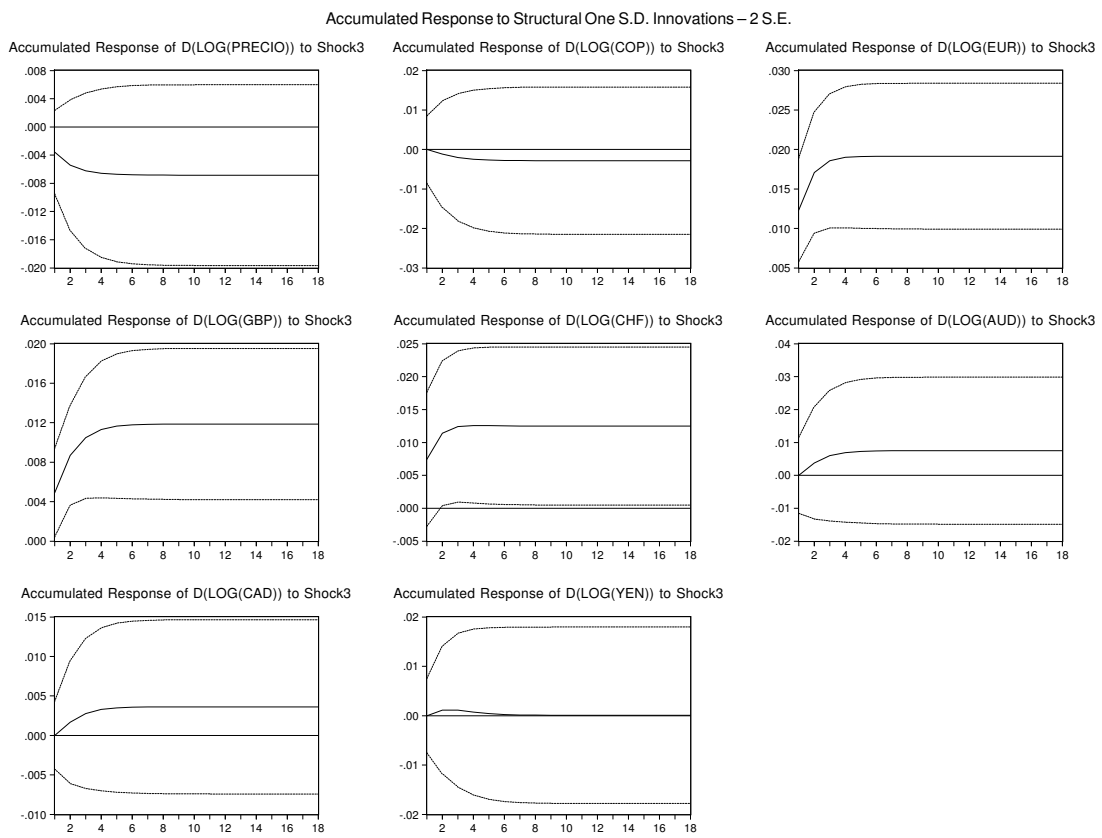


Figura 4: Respuesta Acumulada de las Variables ante el Choque 4

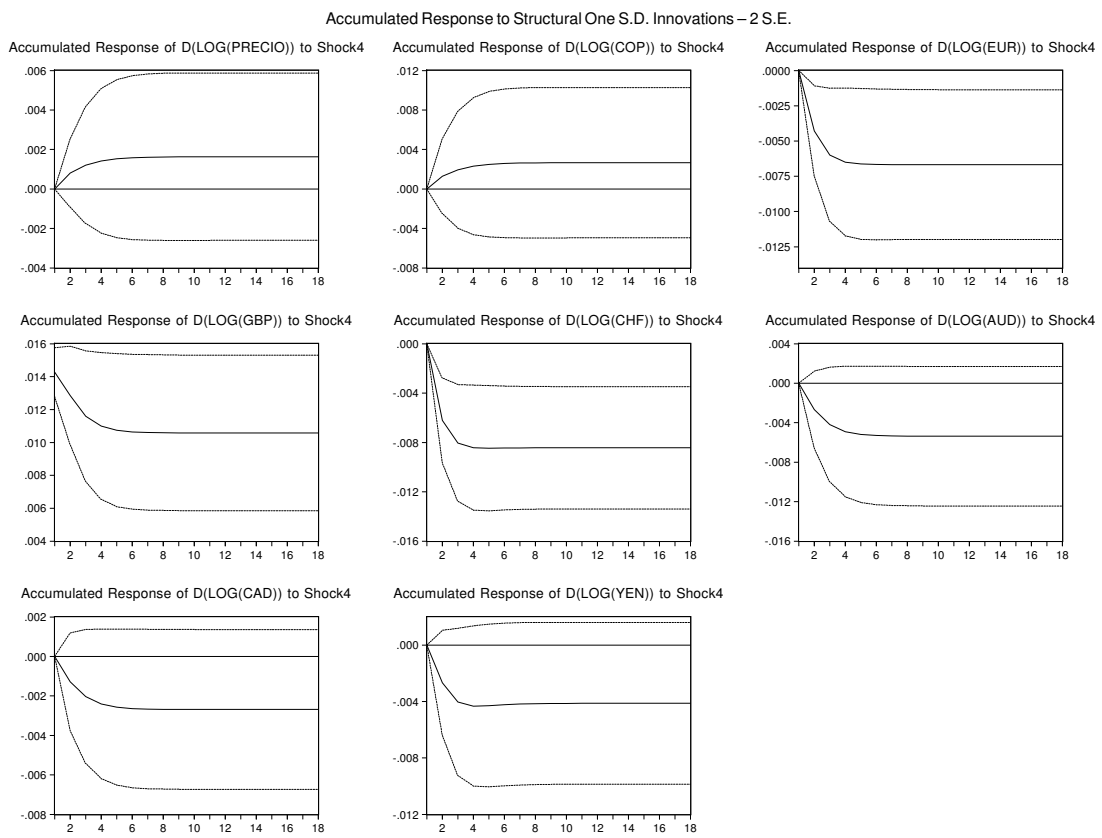




Figura 5: Respuesta Acumulada de las Variables ante el Choque 5

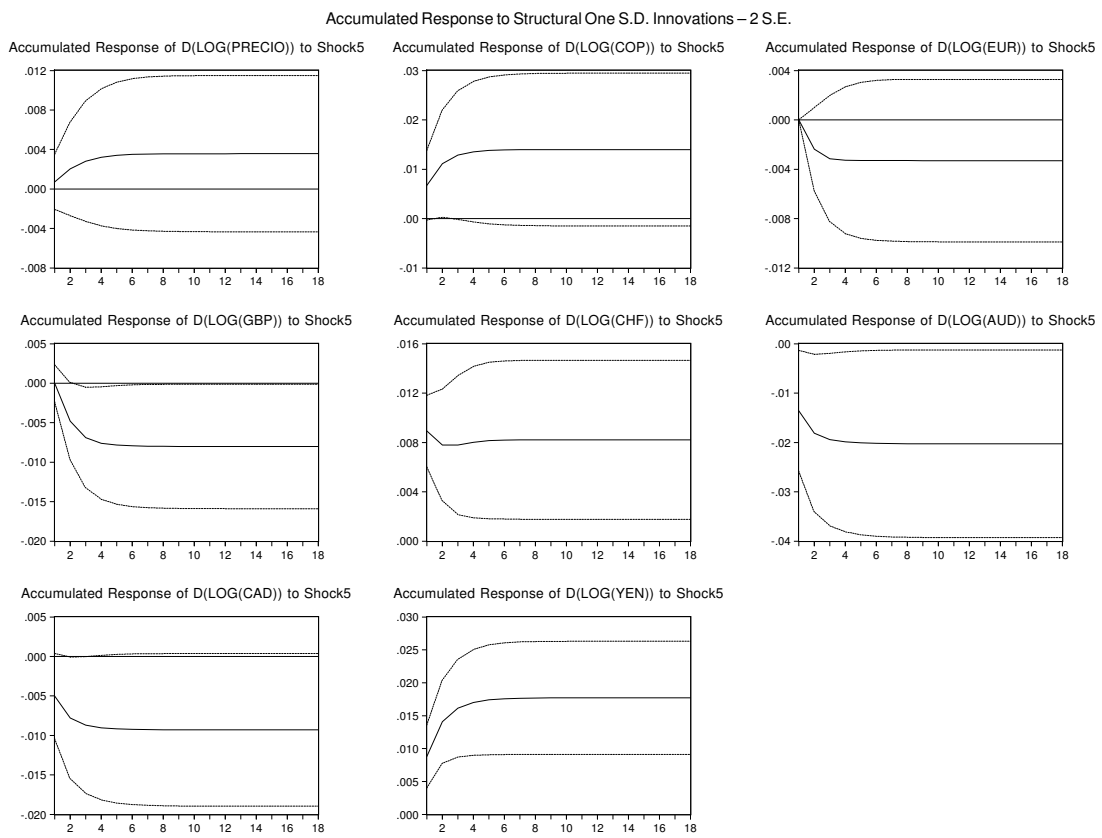


Figura 6: Respuesta Acumulada de las Variables ante el Choque 6

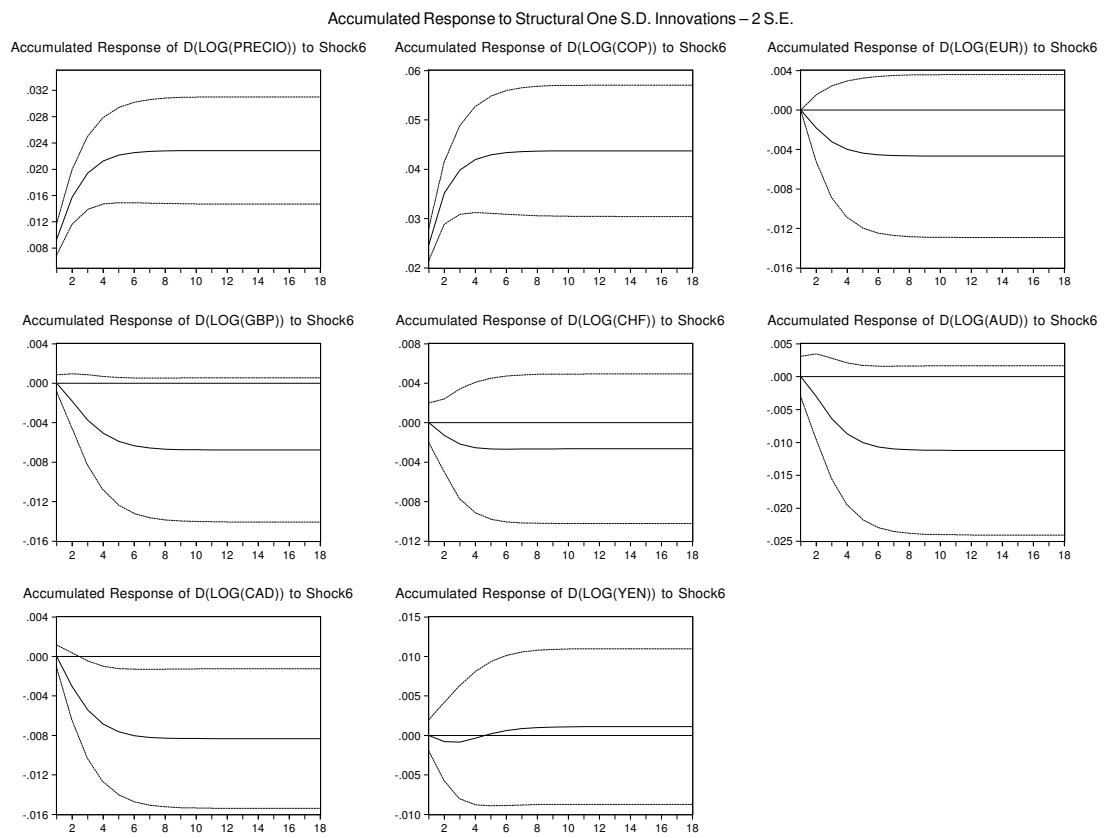


Figura 7: Respuesta Acumulada de las Variables ante el Choque 7

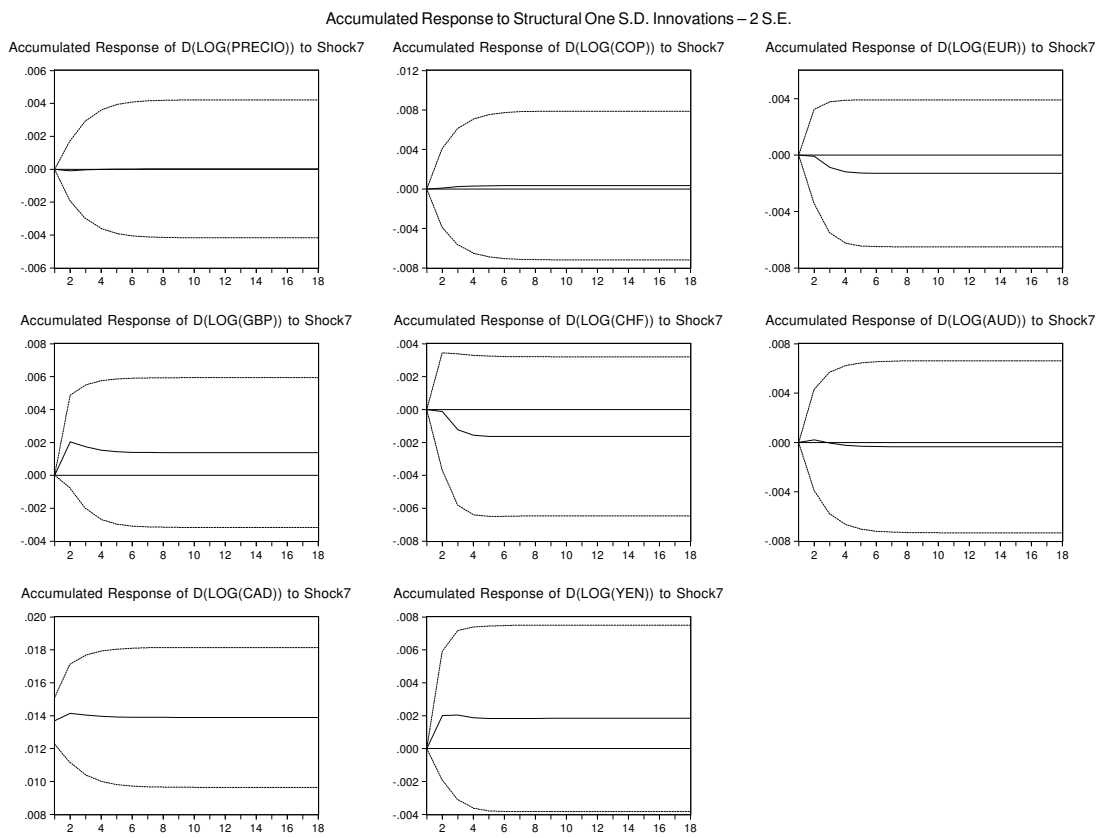


Figura 8: Respuesta Acumulada de las Variables ante el Choque 8

