

Perturbaciones macroeconómicas, tasa de cambio y *pass-through* sobre precios

Hernán Rincón-Castro, Norberto Rodríguez-Niño, John Castro-Pantoja*

Resumen

La literatura local e internacional que ha estudiado la transmisión de la tasa de cambio sobre los precios *-exchange rate pass-through-* asume que los movimientos cambiarios son exógenos a las perturbaciones que impactan la economía y la tasa de cambio en sí misma. Este supuesto ha sido revaluado recientemente a partir de las predicciones de modelos macroeconómicos modernos, que indican que aquellos son endógenos. Basado en esta conjetura, el presente documento muestra que efectivamente el grado de transmisión depende de la perturbación que origine el movimiento de la tasa de cambio, es decir, que la transmisión es *shock-dependent*. Para sustentar esta conclusión el estudio utiliza datos mensuales de una economía pequeña y abierta para el período 2001-2016 y un modelo VAR estructural lineal.

Clasificación JEL: E32, F31, E31, E52, C51

Palabras clave: Perturbaciones macroeconómicas, tasa de cambio, *pass-through* sobre precios, identificación, restricciones de signo, SVAR, descomposición histórica de perturbaciones

I. Introducción

Las perturbaciones macroeconómicas externas e internas que enfrenta una economía impactan sus principales variables macroeconómicas, entre ellas su moneda y sus precios. De ahí la importancia de su análisis para las autoridades económicas, en particular las monetarias.

Los objetivos del documento son, en primer lugar, estimar el grado de transmisión de movimientos endógenos de la tasa de cambio *-exchange rate pass-through-* sobre el índice de precios al consumidor (IPC) para una economía pequeña y abierta. A diferencia de casi toda la literatura internacional y de investigaciones anteriores realizadas por los autores y la literatura local, el presente estudio asume que las variaciones de la tasa de cambio provienen de perturbaciones macroeconómicas en variables fundamentales externas e internas, las cuales se identifican de manera independiente a partir de las predicciones de

* Investigador Principal de la Unidad de Investigaciones, Econometrista Principal del Departamento de Modelos Macroeconómicos y Estudiante en Práctica, respectivamente, del Banco de la República. El segundo autor es también profesor catedrático de la Universidad Nacional de Colombia. Los autores agradecen los valiosos comentarios de Hernando Vargas. Las opiniones, errores u omisiones contenidos en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva. Comentarios dirigílos a: hrincoca@banrep.gov.co.

modelos DSGE, tal como lo hacen Shambaugh (2008) y Forbes et al. (2015)¹. Por tanto en este documento el grado de transmisión de movimientos de la tasa de cambio sobre los precios es *shock-dependent*. Así, es una extensión lineal de los resultados de Rincón-Castro y Rodríguez-Niño (2016), quienes muestran, entre otros, que la transmisión es *state-dependent*. En segundo lugar, descomponer históricamente las variaciones de la tasa de cambio y la inflación a lo largo del período de estudio, con el fin de identificar las perturbaciones que originaron dichas variaciones y cuantificar su participación.

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados se utilizan datos mensuales de Colombia y sus principales socios comerciales -para los propósitos de esta nota se asume que Estados Unidos de América representa al resto del mundo- para el período 2001:1-2016:6 y un modelo VAR estructural (SVAR) lineal estimado por máxima verosimilitud. Recuérdese que un VAR es una forma reducida que resume los datos; mientras un SVAR “proporciona una interpretación de los datos” (Fry y Pagan, 2011, página 938). La presentación de los resultados seguirá de cerca la de Forbes et al. (Ibíd.).

El documento se divide en cinco secciones después de la introducción. La segunda describe el modelo econométrico e identifica las distintas perturbaciones a partir de la teoría económica que se referenciará. La tercera muestra y estudia las funciones de impulso respuestas estimadas y calcula el grado de la transmisión sobre el IPC. La cuarta presenta y analiza las descomposiciones históricas (HDs) de las perturbaciones para la variación anual de la tasa de cambio y la inflación. Estas permiten estimar la participación de cada una de las perturbaciones en la explicación del movimiento de las variables endógenas mencionadas, para cada momento del tiempo a lo largo de la muestra. La quinta sección resume las principales conclusiones.

II. Modelo econométrico e identificación de las perturbaciones

i. Modelo econométrico

El modelo SVAR se define por el siguiente vector:

$$(1) \quad Y_t = \begin{bmatrix} \pi_t^{IPC} \\ \Delta e_t \\ \Delta pibr \\ TIB_t \\ VIX_t \\ \Delta WTI \\ \Delta pibr_t^* \end{bmatrix}$$

donde π^{IPC} representa la variación porcentual anual del índice de precios al consumidor (IPC), e es la tasa cambio nominal efectiva del peso ponderada por el comercio total proveniente de los principales socios comerciales del país, $pibr$ es el producto interno bruto (PIB) real de Colombia, TIB es la tasa de interés interbancaria (el instrumento operativo de

¹ Para una revisión exhaustiva de la literatura local e internacional sobre *pass-through* véase Rincón-Castro y Rodríguez-Niño (Ibíd.).

política monetaria interna), *VIX* es una medida del riesgo en los mercados financieros internacionales, *WTI* es el precio real del petróleo *West Texas Intermediate* y *pibr** es el PIB real de los Estados Unidos. Todas las variables, excepto la tasa de interés y el *VIX*, son previamente transformadas en logaritmos naturales. Δ es el operador de diferencias de orden 12, de tal manera que las respectivas variables se expresan en tasas de crecimiento porcentual anual. Las series, sus fuentes y las notas metodológicas se describen en el apéndice A.1.

El vector de perturbaciones estructurales se define como:

$$(2) \quad \boldsymbol{\varepsilon}_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_t^{Demanda} \\ \varepsilon_t^{Oferta} \\ \varepsilon_t^{Tasa\ de\ cambio} \\ \varepsilon_t^{Pol.\ monetaria} \\ \varepsilon_t^{VIX} \\ \varepsilon_t^{Precio\ petróleo} \\ \varepsilon_t^{PIB^*} \end{bmatrix}.$$

Se asume que las perturbaciones son independientes y no anticipadas. La perturbación de la demanda interna ($\varepsilon_t^{Demanda}$) se origina en una perturbación positiva de las preferencias o el ingreso disponible de los hogares (este último, por ejemplo, por un subsidio público); de la oferta interna (ε_t^{Oferta}), en un aumento en la productividad; de la tasa de cambio ($\varepsilon_t^{Tasa\ de\ cambio}$), en un aumento exógeno del riesgo país que produce una perturbación del peso (por ejemplo, por un aumento del riesgo soberano); de la política monetaria interna ($\varepsilon_t^{Pol.\ monetaria}$), en un aumento de la tasa de interés de política; del riesgo externo (ε_t^{VIX}), en un aumento de la turbulencia en los mercados financieros internacionales; del precio internacional del petróleo ($\varepsilon_t^{Precio\ petróleo}$), resultado de presiones del mercado, que no identificamos si son consecuencia de choques de oferta o de demanda externos, como explicamos más adelante, y de cambios no anticipados del PIB del resto del mundo ($\varepsilon_t^{PIB^*}$).

Ahora, el grado de transmisión de los movimientos de la tasa de cambio sobre el IPC hasta el momento τ (o coeficiente de *pass-through*) se define como la mediana de la razón de las funciones de impulso respuesta acumuladas del IPC y de la tasa de cambio ante la perturbación i -ésima (ver Rincón-Castro y Rodríguez-Niño, *Ibíd.*), así:

$$(3) \quad PT_{\tau}^{IPC} = \frac{\sum_{j=0}^{\tau} \frac{\partial \pi_{t+j}^{IPC}}{\partial \varepsilon_t^i}}{\sum_{j=0}^{\tau} \frac{\partial \Delta e_{t+j}}{\partial \varepsilon_t^i}},$$

$i = Demanda, Oferta, Tasa\ de\ cambio, Pol.\ monetaria, VIX, Precio\ petróleo, PIB\ externo.$

El lector debe notar que esta definición del *pass-through* no es la estándar de la literatura internacional y de la mayoría de la local, que lo interpreta simplemente como el coeficiente de la tasa de cambio en una ecuación de precios. Además, que asume que los movimientos de la tasa de cambio son exógenos y que la transmisión es constante en el tiempo y no depende del estado de la economía, de las perturbaciones macroeconómicas u otras variables. Por esta razón se le invita a que esté atento a este cambio y regrese a revisar la definición (3) cuando se presenten los resultados.

ii. Identificación del sistema SVAR

La identificación de las perturbaciones utiliza una combinación de restricciones de ceros en los parámetros de corto y largo plazos y restricciones de signo derivadas de las predicciones de modelos Neokeynesianos DSGE, en particular de los desarrollados por Gali (1999), Blanchard y Gali (2007) y Bonaldi et al. (2010), y empíricos como los de Blanchard y Quah (1989) y Kilian (2009)². Las estimaciones econométricas utilizan los algoritmos derivados y analizados por Rubio-Ramírez et al. (2010) para modelos exactamente identificados y Binning (2013) para modelos sub-identificados.

Como es bien conocido en la literatura, la identificación de las perturbaciones es un paso fundamental para darle estructura y soporte teórico a los modelos de series de tiempo como el aquí planteado y a sus resultados, es decir, permitirles “interpretación” económica. Por otro lado, y desde un punto de vista empírico, una buena identificación permite enfrentar críticas a los modelos recursivos como el utilizado (ver, por ejemplo aquellas de Faust y Rogers (2003)); además, garantiza que los resultados sean robustos y libres de los inconvenientes originados en un ordenamiento arbitrario de las variables del sistema.

Antes de continuar es necesario anotar que el régimen monetario vigente en Colombia para la muestra analizada es de inflación objetivo (meta anual de $3\% \pm 1\%$) y el régimen cambiario es de flotación. Adicionalmente se supone que el banco central sigue una regla de política tipo Taylor.

Los supuestos más importantes para la identificación del sistema SVAR definido son:

- (1) en el corto plazo, como lo predicen los modelos referenciados, las alteraciones de la demanda afectan el producto;
- (2) las perturbaciones a la oferta son las únicas que afectan el producto en el largo plazo;
- (3) las perturbaciones a las variables internas no afectan a las variables externas a ningún plazo (Colombia es una economía “pequeña”)³;

² La identificación de modelos VAR por medio de restricciones de signo derivadas de modelos teóricos microfundamentados fue introducida por Canova y De Nicolò (2002). Una excelente revisión de la literatura sobre este tema se encuentra en Fry y Pagan (2011).

³ Este supuesto implica, desde el punto de vista econométrico, que se imponen explícitamente restricciones de exógenidad fuerte sobre las variables externas, es decir, se obliga a que los coeficientes de todos los rezagos de las variables internas en todas las demás ecuaciones sean cero. Esto ayuda a que las funciones de impulso respuesta se comportaran acorde con la teoría y la intuición económica.

(4) las alteraciones a la oferta del resto del mundo tienen múltiples canales de transmisión por lo que no es posible independizar las perturbaciones y los efectos particulares sobre cada una de las variables endógenas, por lo que se suponen libres de cualquier restricción;

(5) la perturbación del precio del petróleo tiene un impacto positivo sobre el producto. Dos razones justifican este supuesto. Primero, Colombia es un país productor y exportador de *commodities* altamente influenciado por el comportamiento de sus precios (efecto términos de intercambio), así como por sus cantidades (efecto encadenamientos productivos)⁴. De acuerdo con estadísticas oficiales, al finalizar 2013, año anterior al derrumbamiento extraordinario y persistente de sus precios, los *commodities* (petróleo) representaron 14% (5%) del PIB y 79% (55%) de las exportaciones del país. Así mismo, sólo el sector petrolero le reportó rentas al gobierno del orden del 20% de sus ingresos totales, en el momento de mayor auge. Segundo, dada la dificultad de identificar las fuentes de sus alteraciones y las distintas consecuencias macroeconómicas que pueden generar cada una de ellas, como lo muestra Kilian (2009), simplemente asumimos que su impacto es positivo sobre el producto⁵.

El cuadro 1 resume las restricciones que se imponen en el sistema SVAR con el fin de identificar cada una de las perturbaciones. Los símbolos “+” (“-”) del cuadro indican que la perturbación *i*-ésima afecta positivamente (negativamente) el valor acumulado de la respectiva variable endógena al final del primer año. En el mediano y largo plazos, el número “0” indica que la perturbación *i*-ésima no tiene efecto sobre las variables ‘endógenas’ externas (supuesto de economía “pequeña”). El “0” también indica que ni la demanda, ni las perturbaciones nominales ni el VIX afectan el PIB real en el largo plazo. Los espacios en blanco señalan que no se utiliza ninguna predicción sobre el impacto en la variable endógena y por tanto no se impone restricción alguna (se estiman libremente)⁶.

⁴ Un estudio comprensivo sobre el papel del sector petrolero en la economía colombiana se encuentra en López et al. (2013).

⁵ Nótese que la perturbación puede originarse en la oferta o demanda externas o por motivos financieros. La primera por un aumento en la producción local e internacional y la segunda por un aumento en la demanda mundial, por ejemplo, por la mayor demanda de países emergentes grandes y por relajamiento de la política monetaria internacional, entre otros. La tercera por las variaciones del valor del dólar (USD), la moneda en que se fijan los precios del petróleo (si se deprecia, el precio del petróleo aumenta, si se aprecia, cae).

⁶ ¿En la práctica, cómo funciona el proceso de identificación? Una vez se imponen las restricciones de ceros, se evalúa primero si el modelo está sobreidentificado. Si lo está, no se puede proceder con las restricciones de signo. Si no lo está, se procede a *rotar* aleatoriamente la descomposición de Cholesky de la matriz de varianzas y covarianzas de los residuos del modelo estimado. Cada rotación se obtiene por medio de la descomposición “QR” de una matriz aleatoria normal. El lector interesado en conocer en qué consiste dicha descomposición y cómo se deriva cuando se imponen restricciones de exogeneidad fuerte, como las del presente documento, puede consultar a Ouliaris et al. (2016). Con la matriz de rotación QR se generan nuevos impulso-respuesta y se evalúa si se cumplen las restricciones de signo. Las matrices generadas que no cumplan todas las restricciones son descartadas y se repite el procedimiento anterior. Las matrices que cumplen las restricciones se almacenan. Esta rutina se repite hasta que el número de matrices almacenadas sea igual a las iteraciones requeridas.

Cuadro 1. Restricciones sobre el sistema SVAR

Variable/Perturbación	$\varepsilon_t^{Demanda}$	ε_t^{Oferta}	$\varepsilon_t^{Tasa\ de\ cambio}$	$\varepsilon_t^{Pol.\ monetaria}$	ε_t^{VIX}	$\varepsilon_t^{Precio\ petróleo}$	$\varepsilon_t^{PIB^*}$
Restricciones de corto plazo							
π^{IPC}	+	-	+	-	+		
Δe	-		+	-	+	-	
$\Delta pibr$	+	+		-	-	+	
TIB	+	-	+	+			
VIX	0	0	0	0	+		
ΔWTI	0	0	0	0		+	
$\Delta pibr^*$	0	0	0	0			
Restricciones de largo plazo							
π^{IPC}							
Δe							
$\Delta pibr$	0		0	0	0		
TIB							
VIX	0	0	0	0			
ΔWTI	0	0	0	0			
$\Delta pibr^*$	0	0	0	0			

Fuente: inferencias propias a partir de la literatura referenciada. Se agradecen las valiosas sugerencias por parte de Diego Rodríguez, Investigador del Departamento de Modelos Macroeconómicos del Banco de la República.

La narrativa sobre los canales de transmisión de cada una de las perturbaciones se realiza de manera esquemática como sigue.

1°. Perturbación de la demanda interna (cambio en las preferencias o aumento en el ingreso disponible que hacen que aumente el gasto agregado) \Rightarrow demanda agregada $\uparrow \Rightarrow \Delta pibr \uparrow \Rightarrow$ demanda por factores de producción $\uparrow \Rightarrow$ demanda de trabajo $\uparrow \Rightarrow$ salario real $\uparrow \Rightarrow \pi^{IPC} \uparrow \Rightarrow TIB \uparrow$. Por su lado, y de acuerdo con la paridad descubierta de intereses, el aumento de la tasa de interés interna genera un aumento en las expectativas de depreciación (se supone que la tasa de interés externa y el riesgo país permanecen constantes), que requieren una apreciación inicial de la moneda local $\Rightarrow \Delta e \downarrow$.

2°. Perturbación de la oferta interna (cambio positivo en la productividad total de los factores, TFP) \Rightarrow costo marginal $\downarrow \Rightarrow \Delta pibr \uparrow \Rightarrow \pi^{IPC} \downarrow$ (porque el PIB potencial aumenta relativamente más que el observado y la brecha del producto se vuelve negativa) $\Rightarrow TIB \downarrow$. El efecto agregado sobre la tasa de cambio es incierto.

3°. Perturbación cambiaria autónoma (aumento en el riesgo país): el aumento en el riesgo país causa un aumento en las expectativas de apreciación (se supone que la tasa de interés externa permanece constante) que requerirán una depreciación inicial de la moneda local $\Rightarrow \Delta e \uparrow \Rightarrow$ precio de los bienes importados y al productor aumentan. Este es el canal directo de transmisión de los movimientos de la tasa de cambio sobre los precios (se supone que los

precios externos permanecen constantes). Entonces, $\pi^{IPC} \uparrow \Rightarrow TIB \uparrow$. El efecto agregado sobre el *PIB* es incierto.

4°. Perturbación de la política monetaria $\Rightarrow TIB \uparrow \Rightarrow$ demanda agregada $\downarrow \Rightarrow \Delta pibr \downarrow \Rightarrow \pi^{IPC} \downarrow$. Por su lado, y de acuerdo con la paridad descubierta de intereses, el aumento de la tasa interna genera un aumento en las expectativas de depreciación (se supone que la tasa de interés externa y el riesgo país permanecen constantes), que requieren una apreciación inicial de la moneda local $\Rightarrow \Delta e \downarrow$.

5°. Perturbación del riesgo externo: presentan los mismos signos de la perturbación cambiaria sobre Δe y π^{IPC} , excepto que se supone que el efecto sobre el PIB es negativo. Esto puede ser explicado por una salida de capitales debido a un comportamiento tipo “*home bias*” (preferencia por las inversiones en el país de origen de los capitales) o por la reducción del apetito por riesgo de los inversionistas internacionales, que se manifiesta en una disminución de la oferta de financiamiento externo del consumo y la inversión locales; por tanto, $\Delta pibr \downarrow$. El efecto agregado sobre la *TIB* es incierto.

6°. Perturbación del precio del petróleo \Rightarrow Precio del petróleo $\uparrow \Rightarrow$ entran al país ingresos petroleros que aprecian el peso ($\Delta e \downarrow$). Como el sector petrolero genera PIB (el sector representa el 5% del PIB) $\Rightarrow \Delta pibr \uparrow$. El efecto agregado sobre la π^{IPC} y la *TIB* es incierto.

7°. Perturbación del PIB externo: el efecto agregado sobre las variables internas y externas es incierto.

III. Estimaciones

En esta sección se presentan y analizan las estimaciones. Se advierte de nuevo que cada una de las restricciones de signo se acumulan y se hacen efectivas hasta un año después de cada perturbación^{7, 8}. Esto permite guardar consistencia entre las estimaciones, las predicciones teóricas que identifican el sistema y los rezagos propios de los impactos de las perturbaciones y de las decisiones de política (monetaria) sobre las variables endógenas.

Los estadísticos y pruebas previas requeridas por las estimaciones no se presentan y están a disposición por parte de los autores si son requeridas. De acuerdo con ellas, el sistema

⁷ La excepción es la perturbación del riesgo externo sobre variación de la tasa de cambio, que solo se restringe por dos periodos, dada que su naturaleza financiera hace que respondan más rápidamente que en el caso de variables reales.

⁸ Fry y Pagan (2011) muestran porqué podría ser válido imponer restricciones de signo en un orden superior al de los rezagos del modelo, como se realiza aquí.

SVAR estimado es estacionario. También se pueden requerir las distintas pruebas de robustez realizadas con restricciones de identificación o variables internas y externas alternativas, como por ejemplo, con distintas agregaciones de los precios de los *commodities* o con distintas medidas de la actividad real o el riesgo interno y externo. Por último, es pertinente informar que la escritura de los códigos y su ejecución fueron realizadas en Matlab.

i. Funciones de impulso respuesta de las variables endógenas

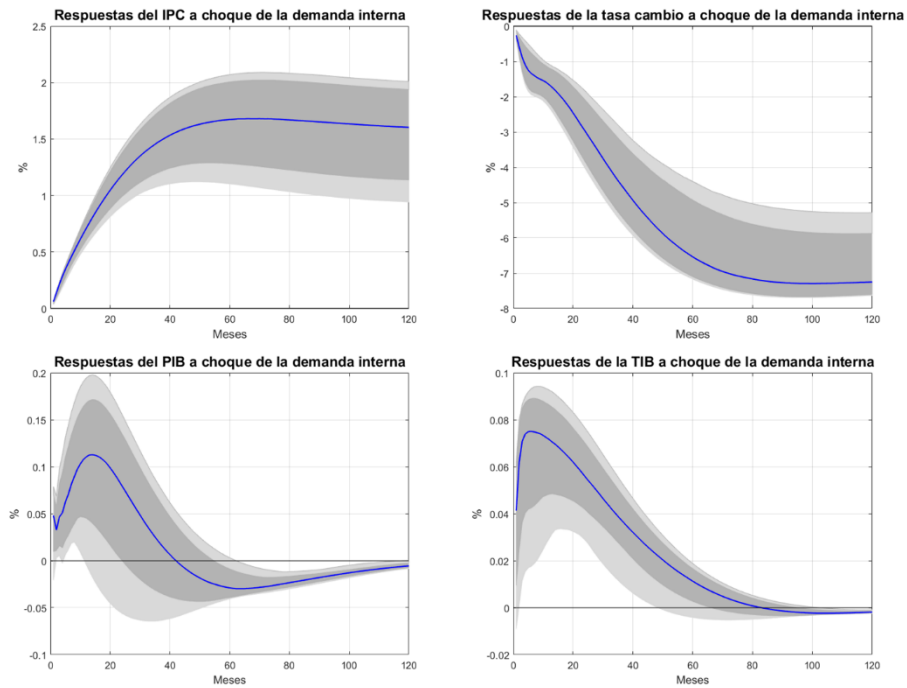
El gráfico 1 muestra las medianas de las 10.000 funciones de impulso respuesta obtenidas mediante tal número de iteraciones del algoritmo de estimación, para cada una de las variables endógenas del sistema y ante cada perturbación. Las respuestas, excepto para la TIB, son acumuladas, de tal manera que los gráficos muestran el impacto sobre el nivel de cada variable en el tiempo. Las áreas sombreadas corresponden a los intervalos de confiabilidad del 68% y 90%. Con el fin de permitir la comparación de los resultados a la hora de medir el *pass-through*, las funciones de impulso respuesta se estandarizan de tal manera que a los doce meses las perturbaciones generan una variación de la tasa de cambio del 1%, tal como lo hacen Shambaugh (Ibíd.) y Forbes et al. (Ibíd.). Las funciones de impulso respuesta de las variables endógenas a sus propias perturbaciones, y que no son mostradas en el gráfico 1, se presentan en el apéndice A.2.

Los gráficos muestran resultados que son, en general, estadísticamente significativos y consistentes con las restricciones que identifican el sistema. Por ejemplo, una perturbación a la demanda interna aumenta el PIB y, como respuesta, aumenta la inflación y la tasa de interés de política. Esto conlleva una apreciación de la moneda. En el caso de la perturbación a la política monetaria, la inflación disminuye, el peso se aprecia y el PIB disminuye, así sea en menor grado, como es esperado. Cuando se presenta una perturbación del riesgo externo la inflación y la tasa de cambio aumentan, aunque esta última lo hace al impacto y luego se reduce de manera acelerada. Por su lado, el PIB se reduce, como se espera, y luego aumenta rápidamente hacia su nivel de largo plazo. Como en el caso de la perturbación de la demanda, pareciera que ésta domina el comportamiento de la tasa de cambio en el mediano plazo. Por su lado, la política monetaria se vuelve restrictiva ante el aumento de la inflación.

Cuando ocurre una perturbación del precio del petróleo, aumenta el PIB y se aprecia el peso, como predice la teoría y se observa en la práctica. Sin embargo, los datos identifican un leve aumento de la inflación, a pesar de la apreciación. Esto significa que el efecto ingreso proveniente de la perturbación petrolera sobre la demanda agregada interna más que compensa el efecto deflacionario de la apreciación. La tasa de interés de política reacciona y aumenta ante la presión sobre la inflación.

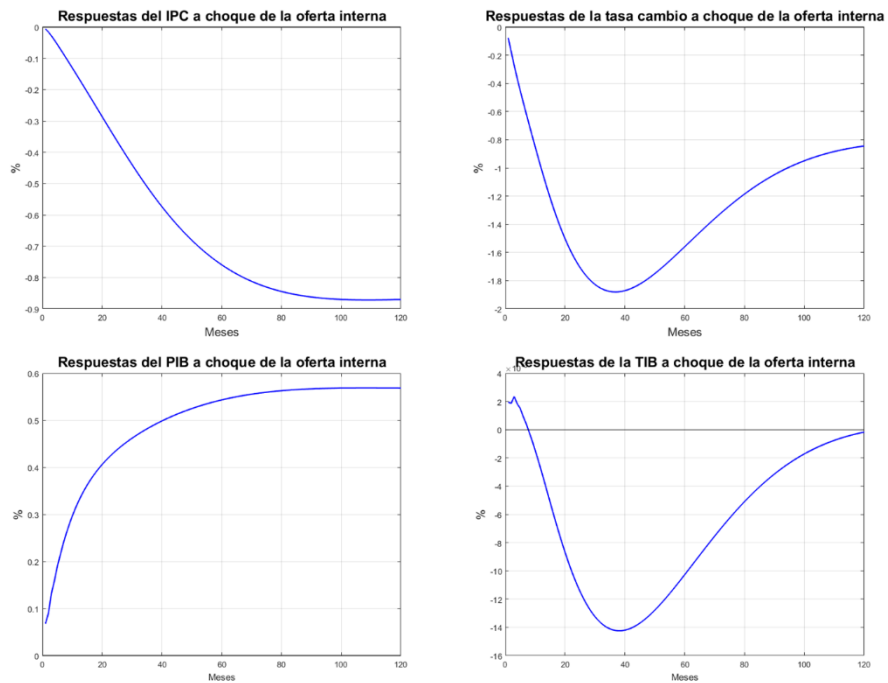
Gráfico 1. Funciones de impulso respuesta

Ante perturbación de la demanda interna



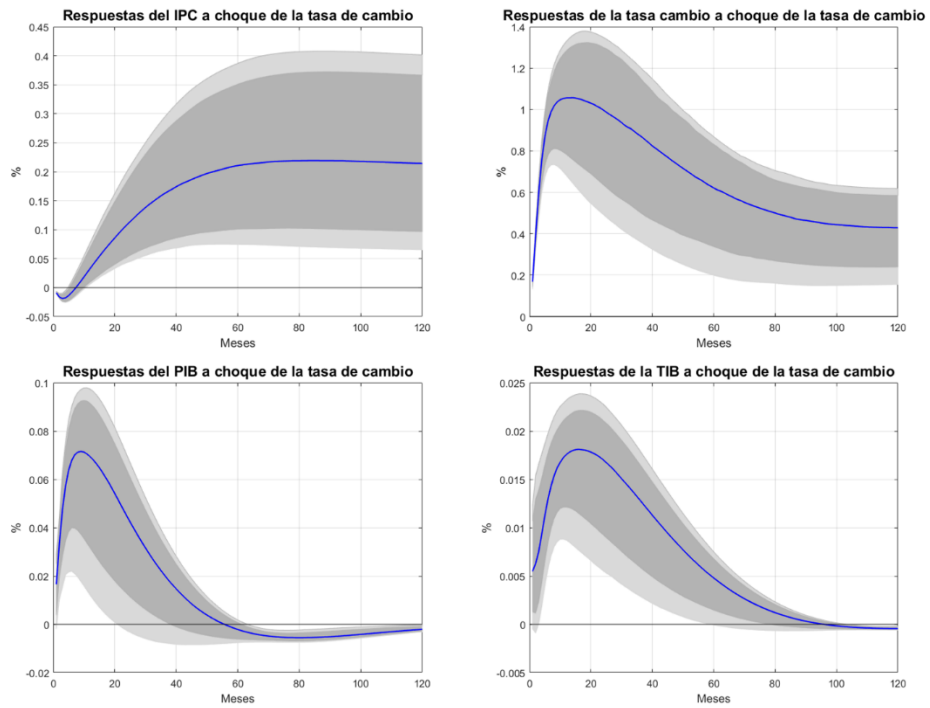
Fuente: cálculos de los autores.

Ante perturbación de la oferta interna



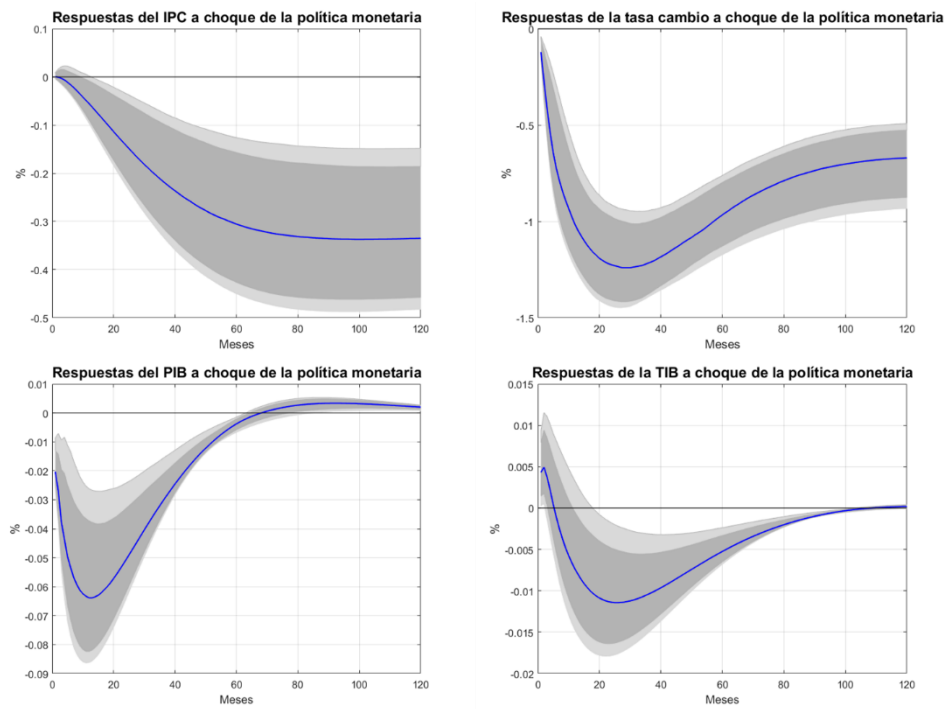
Fuente: cálculos de los autores.

Ante perturbación de la tasa de cambio



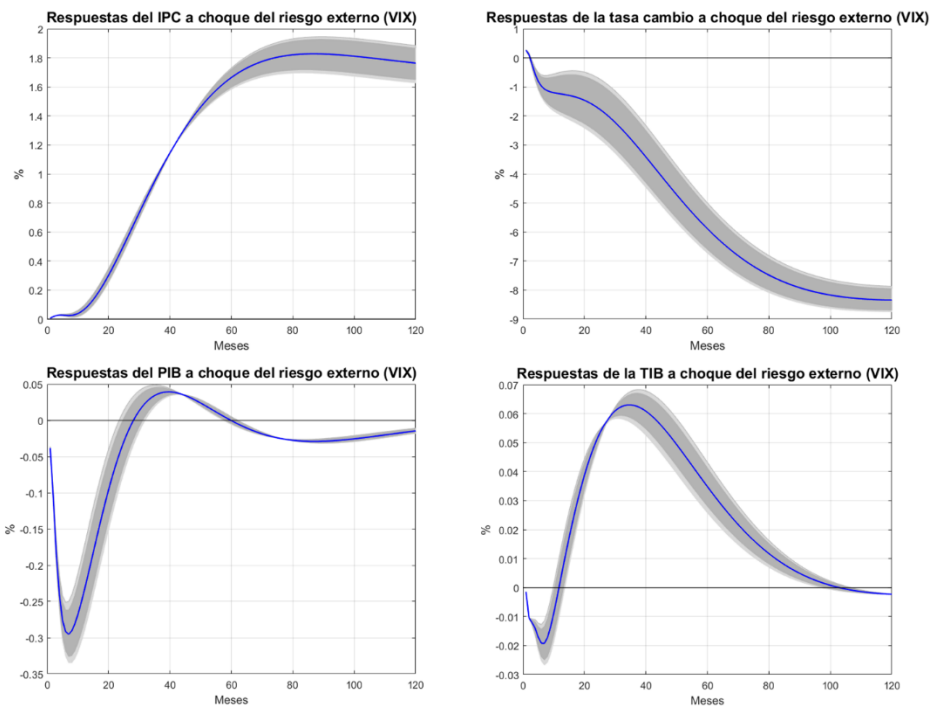
Fuente: cálculos de los autores.

Ante perturbación de la política monetaria



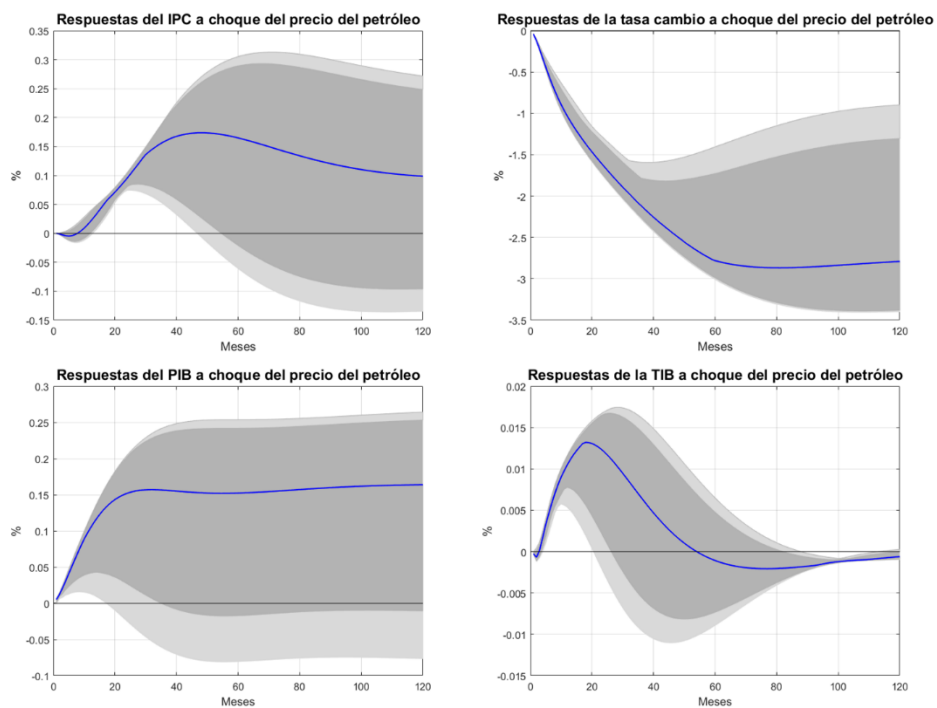
Fuente: cálculos de los autores.

Ante perturbación del riesgo externo (VIX)



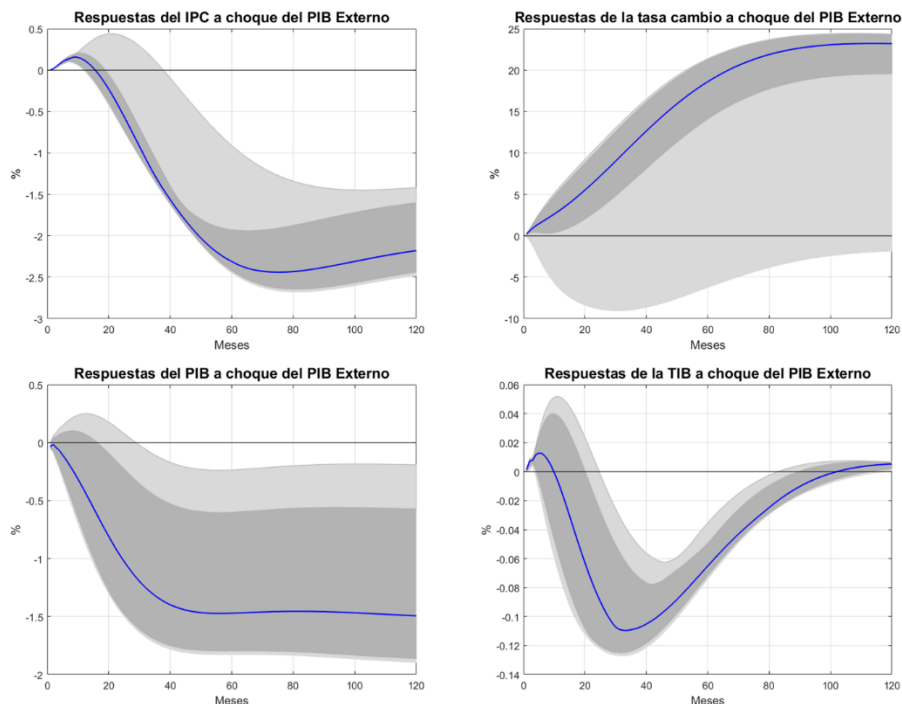
Fuente: cálculos de los autores.

Ante perturbación del precio del petróleo



Fuente: cálculos de los autores.

Ante perturbación del PIB externo



Fuente: cálculos de los autores.

Una reflexión inmediata que surge del resultado ante la perturbación del precio del petróleo es la siguiente: ¿cómo se puede interpretar lo que ocurrió entre 2014 y 2016 a la luz del mismo, ya que, como se observó, la depreciación del peso y la inflación local aumentaron radicalmente (entre julio de 2014 y febrero de 2016 el peso se depreció 60% y el IPC aumento 10,5%)? ¿Se podría decir que el efecto inflacionario de la fuerte depreciación se hubiera anulado, o por lo menos aminorado significativamente, si la demanda hubiera caído más rápidamente, por ejemplo, por una reacción más rápida y fuerte de política monetaria? De acuerdo con las estimaciones, la respuesta es sí. Hay que llamar la atención, sin embargo, que el presente modelo de regresión es lineal y no captura posibles no linealidades presentes en los datos, como lo muestran Rincón-Castro y Rodríguez- Niño (Ibíd.). Estas podrían haber actuado y ante la fuerte depreciación, sin precedentes recientes, la inflación originada ante tal perturbación hubiera aumentado de todos modos.

Ahora, recuérdese que las funciones de impulso respuesta presentadas son el insumo para la estimación del grado de transmisión cambiaria sobre IPC ante cada una de las perturbaciones (ver ecuación (3)). Esta tarea se realiza enseguida.

ii. Estimación del *pass-through* de la tasa de cambio sobre el IPC

De acuerdo con la ecuación (3), el coeficiente de transmisión al momento τ es la mediana de la razón de las funciones de impulso respuesta acumuladas del IPC y de la tasa de cambio del peso ante la perturbación i -ésima, mostradas en el gráfico 1. Dicha razón es calculada para cada una de las 10.000 funciones de impulso respuesta estimadas mediante tal número de iteraciones del algoritmo de estimación.

El gráfico 2 muestra los *pass-through* estimados entre el momento $t=1$ de la perturbación i -ésima hasta 120 meses. Al igual que en el gráfico anterior, las áreas sombreadas corresponden a los intervalos de confiabilidad del 68% y 90%.

En primer lugar, ante una perturbación de la demanda el *pass-through* es negativo en grados del 20% al impacto y del 40% en un lapso de menos de dos años. Luego se reduce lentamente en el tiempo y converge al 20% en el largo plazo. ¿Esto qué quiere decir en términos del nivel de precios? Lo que quiere decir es que ante un choque de demanda el IPC debería reducirse 20% de la apreciación al impacto, 40% en menos de dos años y 20% en el largo plazo. Sin embargo, de acuerdo con las funciones de impulso respuesta, ante una perturbación de demanda la inflación acumulada aumenta. ¿Entonces, qué es lo que sucede? Lo que ocurre es que el efecto positivo de dicha perturbación sobre IPC más que compensa el efecto negativo de la apreciación, por este motivo el IPC aumenta. La respuesta de política monetaria es menor.

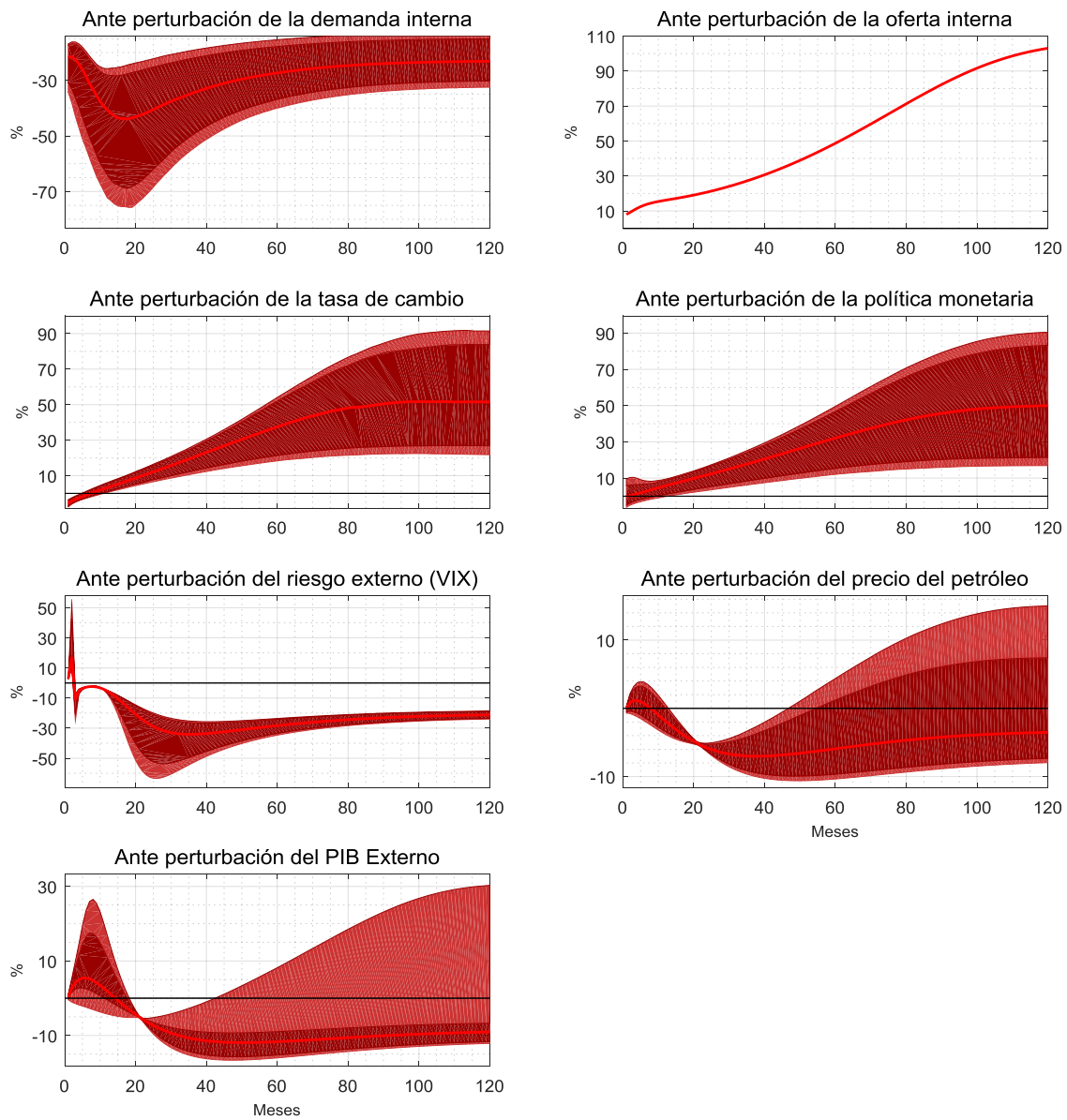
En contraste, cuando ocurre una perturbación en la oferta el *pass-through* es positivo en grados del 13% y 21% a uno y dos años, respectivamente. En el largo plazo la transmisión acumulada sigue aumentando y converge al 100% luego de transcurridos 120 meses desde el momento de la perturbación. Ahora, ¿qué sucede con el nivel de precios? Disminuye, como lo muestra la función de impulso respuesta, en los porcentajes de la apreciación mencionados. Al contrario de la perturbación de demanda, la de oferta retroalimenta los efectos negativos de la apreciación sobre los precios, de tal manera que caen. La respuesta de la política monetaria en este caso es casi nula, como se esperaría.

Ante un choque exógeno o autónomo de la tasa de cambio, el *pass-through* es positivo en grados cercanos a cero al impacto, 12% a los dos años y asciende hasta el 50% en el largo plazo. Como lo predice la teoría y se observa, la inflación aumenta y la política monetaria reacciona acorde con lo esperado.

Ahora, ¿qué ocurre ante una perturbación de la política monetaria? El grado de transmisión es similar, en trayectoria y nivel, al que resulta de una perturbación exógena de la tasa de cambio, pero en este caso el peso se aprecia y el nivel de precios y el PIB disminuyen. Es decir, los impactos macroeconómicos de la política monetaria se retroalimentan y reducen el IPC.

¿Y ante las perturbaciones externas? En todos los casos el *pass-through* es positivo, pequeño y estadísticamente significativo en el corto plazo (entre 1% y 25%), por lo menos para un intervalo de confiabilidad del 68%. En el mediano y largo plazos es negativo en niveles entre 5% y 25%, pero no es estadísticamente significativo después del cuarto año, en particular ante la perturbación del precio del petróleo.

Gráfico 2. Pass-through de la tasa de cambio sobre el IPC



Fuente: cálculos de los autores.

Dada la importancia del comportamiento de este precio para Colombia, vale la pena analizar en detalle el impacto macroeconómico de su perturbación. Como se observa, dicha perturbación aprecia de manera persistente la tasa de cambio y aumenta la inflación, aunque en menor grado, a pesar del ajuste de la política monetaria, por lo menos hasta los dos primeros años. ¿Qué explica este resultado? El comportamiento positivo del PIB (demanda agregada), que más que compensa el efecto negativo sobre el IPC proveniente de la apreciación, como se discutió en la sección anterior.

En conclusión, el *pass-through* de la tasa de cambio sobre los precios es *shock-dependent*. Esto quiere decir que los movimientos de la tasa de cambio (depreciaciones/ apreciaciones) impactan los precios en una magnitud que depende del tipo de perturbación que cause dichos movimientos. Este resultado corrobora lo encontrado por Shambaugh (Ibíd.), para una muestra de países desarrollados y emergentes, entre ellos Colombia, por Forbes et al. (Ibíd.), para el caso del Reino Unido, y por Rincón-Castro y Rodríguez-Niño (Ibíd.) para Colombia. En segundo lugar, en todos los casos la transmisión acumulada es altamente persistente, incluso va más allá de los cinco años. Tercero, la mayor transmisión durante el horizonte de política monetaria (entre el primer mes y los siguientes dos años desde el momento de la perturbación) se observa ante una perturbación de la demanda interna. Esta más que compensa los efectos negativos de la apreciación y de la reacción de la política monetaria sobre el nivel de precios, y al final el IPC aumenta.

La implicación de política más importante de la anterior conclusión es inmediata: el grado de transmisión de movimientos de la tasa de cambio sobre el IPC depende del tipo de perturbación que los cause. El corolario es que no debería existir una regla específica de *pass-through* para la toma de decisiones de política monetaria.

IV. Descomposición histórica de las perturbaciones para la variación de tasa de cambio y la inflación

Esta sección presenta y analiza las descomposiciones históricas (HDs) de las perturbaciones para las variaciones de la tasa de cambio y la inflación del IPC, con el fin de identificar cuáles originaron dichas variaciones a lo largo del tiempo y cuantificar su grado de participación.

Recuerde que la HD es una aproximación de la magnitud de la contribución de cada perturbación al valor no predicho de cada una de las variables endógenas en el sistema en cada momento a lo largo de la muestra. Es decir, la HD permite diferenciar qué perturbaciones fueron las principales determinantes del comportamiento de las variables endógenas en cada momento del tiempo⁹. La interpretación de las HDs es el siguiente: un valor positivo de una perturbación cualquiera del sistema en el momento t significa que dicha perturbación influyó positivamente sobre la variable endógena analizada en dicho momento. Si el valor es negativo, la interpretación es la contraria. El tamaño de la barra

⁹ ¿Cuáles son las diferencias más importantes entre la descomposición de varianzas, un ejercicio estándar en modelos de series de tiempo tipo VAR, y la descomposición histórica? Rincón-Castro y Rodríguez-Niño (Ibíd.) discuten algunas.

mide la participación de la perturbación i -ésima en la explicación del comportamiento de la variable endógena. Por tanto, la HD es una herramienta rigurosa y valiosa que permite revelar y valorar las perturbaciones que generan los movimientos de las variables macroeconómicas analizadas a lo largo del tiempo.

Como complemento a los resultados de las HDs que se analizan, el apéndice A.3 muestra la descomposición de varianza de la variación anual de la tasa de cambio y la variación anual del IPC y los apéndices A.4 y A.5 reportan resultados adicionales de las HDs de éstas mismas dos variables para los períodos de apreciaciones y depreciaciones que se mencionan enseguida, para movimientos “grandes” y “pequeños” de la tasa de cambio y para las depreciaciones y apreciaciones. El objetivo es que el lector encuentre resultados adicionales para el análisis de aquellas variables ante las diferentes perturbaciones macroeconómicas, condicionándolas a la naturaleza del movimiento experimentado por la tasa de cambio. Las depreciaciones identificadas son las observadas entre abril 2002 y marzo 2003 (18%), febrero 2006 y junio 2006 (13%), junio 2008 y febrero 2009 (31%) y entre julio 2014 y febrero 2016 (60%). Las apreciaciones son las observadas entre marzo 2003 y febrero 2006 (-20%), junio 2006 y junio 2008 (-28%), febrero 2009 y junio 2012 (-30%) y entre febrero y junio de 2016 (-11%).

Los gráficos 3 y 4 muestran las HDs de la variación anual de tasa de cambio y de la variación anual del IPC, respectivamente. El lector interesado en profundizar sobre ellas, como se mencionó antes, puede revisar una presentación alternativa y resultados adicionales los apéndices A.3-A5.

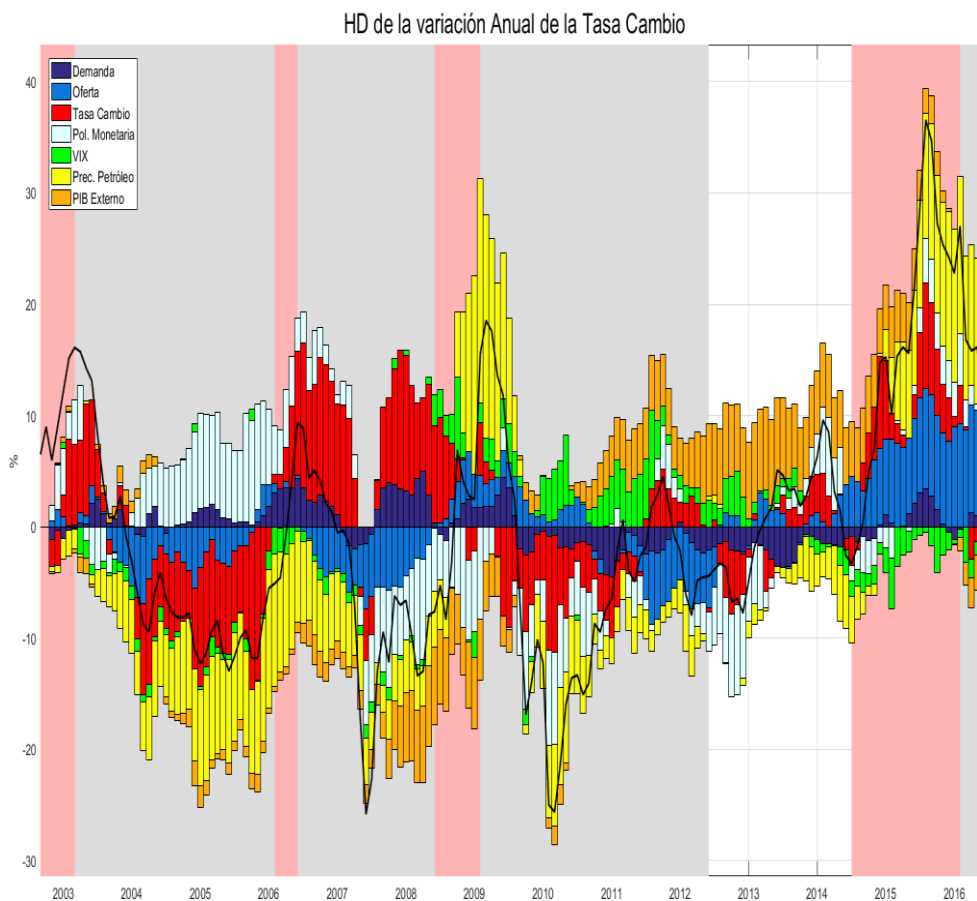
El gráfico 3 muestra la HD de la variación anual de tasa de cambio del peso (la serie observada, luego de restarle la media, está representada por la línea sólida negra). En primer lugar, las perturbaciones del precio del petróleo, junto con las perturbaciones exógenas de la tasa de cambio explican, en buena medida, su comportamiento a lo largo de la muestra.

Como lo indica el gráfico, son claras las presiones a la baja desde el año 2003, año en que se inició el boom de los precios de los *commodities*, entre ellos del petróleo. Sin embargo, hacia mediados de la muestra la perturbación de los precios del petróleo actuó sobre el peso, pero en sentido contrario, ya que sufrieron una fuerte caída ante la profundización de la crisis financiera internacional por el anuncio de la quiebra de Lehman-Brothers el 15 de septiembre de 2008. Nótese que la crisis se manifestó en una depreciación rápida y fuerte del peso, a posteriori, de naturaleza temporal¹⁰. Por otro lado, en este mismo período la política monetaria presionó el peso en sentido contrario, es decir, hacia la apreciación.

En la última parte de la muestra de nuevo la caída del precio del petróleo y la perturbación autónoma de la tasa de cambio se reflejan en una depreciación histórica del peso, tanto por su magnitud como por su carácter permanente. Vale resaltar que la perturbación negativa de la oferta aparece también como un determinante central de la depreciación en éste período.

¹⁰ Recuérdese que la “tasa de cambio” en este documento alude a la tasa de cambio nominal efectiva del peso. En este mismo período la tasa representativa del mercado se depreció 47%.

Gráfico 3. HD de la variación anual de la tasa de cambio



Fuente: cálculos de los autores. Las zonas sombreadas de rosado (oscuro) y gris (claro) corresponden a los períodos de depreciaciones y apreciaciones descritos en el texto, respectivamente.

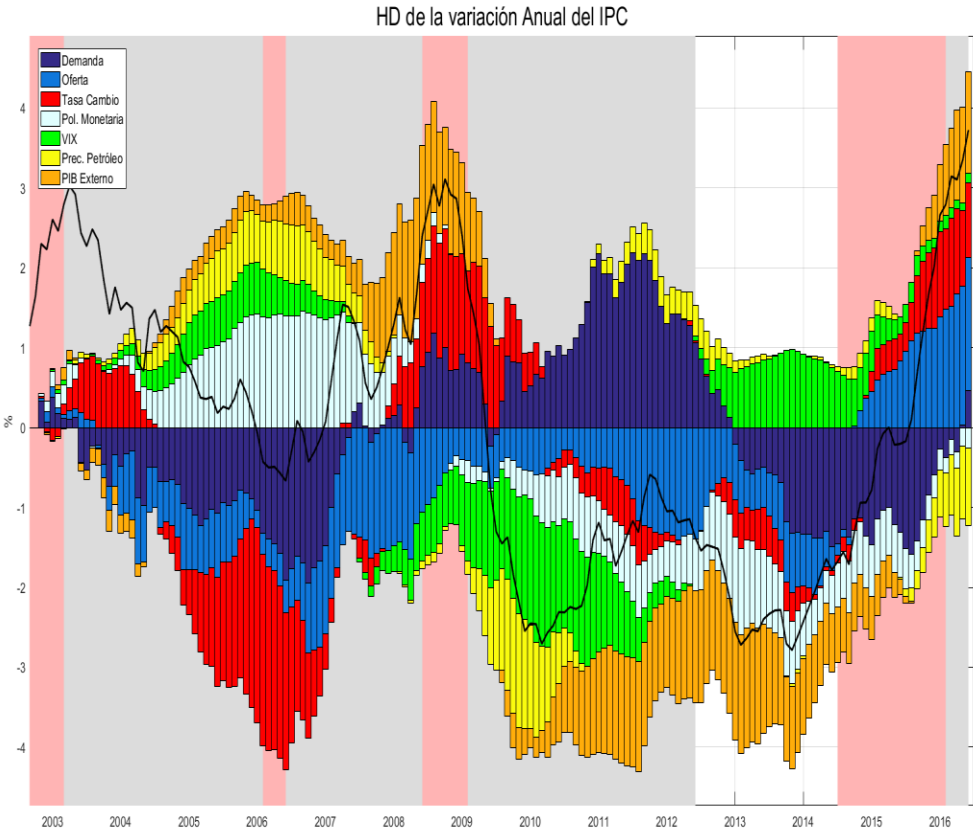
El gráfico 4 muestra la HD de la inflación (la serie observada, luego de restarle la media, está representada por la línea sólida negra). A diferencia de la tasa de cambio, aquí no es posible extraer una conclusión general sobre cuáles perturbaciones fueron las más importantes en explicar su comportamiento a lo largo de la muestra, como fue el caso de la tasa de cambio.

Entre el comienzo de la muestra y mediados de 2006, las perturbaciones de la política monetaria, del precio del petróleo y del riesgo país presionaron la inflación al alza. Por el contrario, la tasa de cambio, la demanda y, en menor grado, la oferta la presionaron a la baja. Como lo muestra el gráfico, estas últimas perturbaciones dominaron, ya que la inflación cayó a lo largo del período. Luego la inflación experimentó una fase de aumentos y disminuciones, que culminó con 7,6% en octubre de 2008, la tasa más alta desde septiembre de 2001. Las perturbaciones que presionaron la inflación al alza de manera

significativa durante el período fueron la tasa de cambio, la actividad económica externa y la demanda local. Las que la presionaron a la baja fueron la oferta y el riesgo internacional.

Posterior a octubre de 2008 vino un período de continuo descenso que la ubicó dentro del rango meta (2% al 4%) a partir de junio de 2009 y hasta enero de 2015, e inclusive por debajo de dicho rango en varios meses. Excepto por el impacto positivo de la demanda (hasta 2013) y del riesgo internacional (entre 2013 y 2015), y en mucho menor medida del precio del petróleo, las demás perturbaciones presionaron la inflación a la baja durante este período.

Gráfico 4. HD de la inflación



Fuente: cálculos de los autores. Las zonas sombreadas de rosado (oscuro) y gris (claro) corresponden a los períodos de depreciaciones y apreciaciones descritos en el texto, respectivamente.

A partir de febrero de 2015, la historia cambia de manera significativa, porque la inflación emprende una senda creciente y acelerada. Dos perturbaciones sobresalen en la explicación de esta tendencia, la oferta y la tasa de cambio. En menor grado aparecen las presiones provenientes de la actividad externa y el riesgo internacional. Por su parte, la demanda y la política monetaria y, al final del período y con gran fuerza, el precio del petróleo, presionan la inflación a la baja.

En resumen, las perturbaciones del precio del petróleo y las autónomas de la tasa de cambio, explican, en gran medida, el comportamiento de la tasa de cambio del peso a lo largo de la muestra. En cuanto a la inflación, es difícil establecer una conclusión general. Lo que sí se puede afirmar es que, de acuerdo con los resultados, la senda de la inflación del último año y medio se explica, principalmente, por el choque negativo de la oferta y positivo de la tasa de cambio.

V. Conclusiones

La literatura local e internacional que ha estudiado el *pass-through* de la tasa de cambio sobre los precios asume que los movimientos cambiarios son exógenos a las perturbaciones que impactan la economía y la tasa de cambio en sí misma. Sin embargo, este supuesto de exogeneidad fue puesto en duda por la literatura teórica y empírica reciente. Dada la importancia de esta predicción para el análisis y la toma de decisiones de política monetaria, este documento estudia empíricamente aquella conjetura. Para cumplir con el objetivo utiliza datos mensuales de una economía pequeña y abierta (Colombia) para el período 2001-2016 y un modelo VAR estructural lineal.

Los resultados muestran que el *pass-through* depende de la perturbación que origine el movimiento de la tasa de cambio, es decir, que es *shock-dependent*.

La implicación de política más importante de la anterior conclusión es inmediata: el grado de transmisión de movimientos de la tasa de cambio sobre el IPC depende del tipo de perturbación que los cause. El corolario es que no debería existir una regla específica de *pass-through* para la toma de decisiones de política monetaria.

Por su lado, las HDs indican que las perturbaciones del precio del petróleo y las autónomas de la tasa de cambio, explican, en gran medida, el comportamiento de la tasa de cambio del peso a lo largo de la muestra. En cuanto a la inflación, es difícil establecer una conclusión general. Lo que sí se puede afirmar es que, de acuerdo con los resultados, la senda de la inflación del último año y medio se explican por el choque negativo de la oferta y positivo de la tasa de cambio.

Una posible extensión del presente documento es estimar el modelo mediante técnicas de coeficientes cambiantes en el tiempo, en vez de coeficientes fijos, como el presentado y estimado aquí. Aquella metodología permitiría capturar los cambios en la relación entre las variables endógenas y las perturbaciones; por tanto, en el grado de *pass-through* en el tiempo.

Referencias

- Binning, A. (2013). Underidentified SVAR models: A framework for combining short and long-run restrictions with sign-restrictions. *Working Paper*, No. 14, Norges Bank.
- Blanchard, O., & Quah, D. (1989). The dynamic effects of aggregate demand and supply disturbances. *American Economic Review*, 79(4), 655-673.
- Blanchard, O., & Gali, J. (2007). The Macroeconomic Effects of Oil Shocks: Why are the 2000s so different from the 1970s? *NBER Working Paper Series*, No. 13368.
- Bonaldi, P., González, A., & Rodríguez, D. (2010). Importancia de las Rigideces Nominales y Reales en Colombia: Un Enfoque de Equilibrio General Dinámico y Estocástico. *Borradores de Economía*, No. 591, Banco de la República.
- Canova, F., & De Nicolo, Y. (2002). Monetary disturbances matter for business fluctuations in G-7. *Journal of Monetary Economics*, 49, 1131-1159.
- Faust, J., & Rogers, J. (2003). Monetary policy's role in exchange rate behavior. *Journal of Monetary Economics*, 50(7), 1403-1424.
- Forbes, K., Hjortsoe, I., & Nenova, T. (2015). The Shocks Matter: New Evidence on Exchange Rate Pass-Through. Discussion Paper No. 43, Bank of England.
- Fry, R., & Pagan, A. (2011). Sign Restrictions in Structural Vector Autoregressions: A Critical Review. *Journal of Economic Literature*, 49(4), 938-960.
- Gali, J. (1999). Technology, Employment, and the Business Cycle: Do Technology Shocks Explain Aggregate Fluctuations? *American Economic Review*, 88(1), 249-271.
- Kilian, L. (2009). Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market. *American Economic Review*, 99(3), 1053-1069.
- López, E., Montes, E., Garavito, A., & Collazos, M. (2013), en H. Rincón and A. Velasco (eds.), *Flujos de capitales, choques externos y respuestas de política en países emergentes*, Banco de la República.
- Ouliaris, S., Pagan, A. & Restrepo, J. (2016). *Quantitative macroeconomic modeling with structural vector autoregressions- an e-Views implementation*, IMF Institute for Capacity Development.
- Rubio-Ramírez, J., Waggoner, D., & Zha, T. (2010). Structural Vector Autoregressions: Theory of Identification and Algorithms for Inference. *Review of Economic Studies*, 77(2), 665-696.

Rincón-Castro, H., & and Rodríguez-Niño, N. (2016). Pass-Through of Exchange Rate Shocks on Inflation: A Bayesian Smooth Transition VAR Approach. *Borradores de Economía*, No. 930, Banco de la República.

Shambaugh, Jay (2008). A new look at pass-through. *Journal of International Money and Finance*, 27(4), 560-591.

Apéndice A.1 Datos, fuentes y notas metodológicas

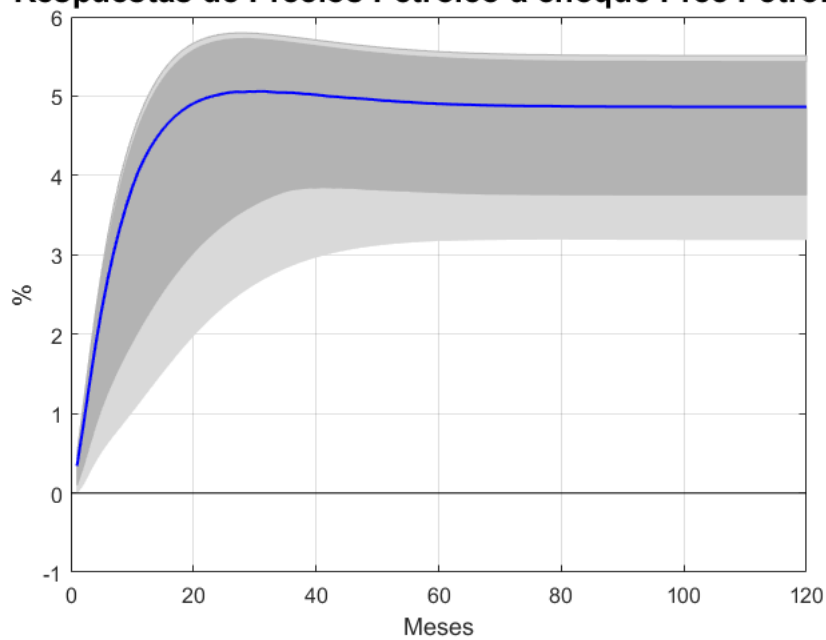
Muestra: 2001:1 – 2016:6

Frecuencia: Mensual

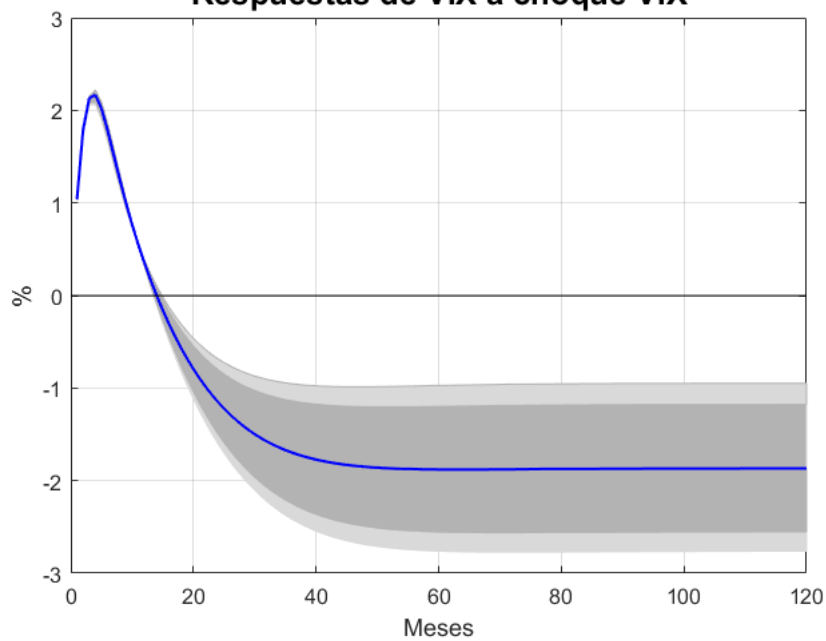
- IPC: Índice de precios al consumidor. Fuente: Banco de la República.
- E: Índice de tasa de cambio nominal efectiva (pesos/USD). Se pondera por comercio total utilizando las participaciones de los principales socios comerciales de Colombia: Estados Unidos de América, Canadá, Japón, Reino Unido, Alemania, Holanda, España, Francia, Italia, Bélgica, Suiza, Suecia, México, Panamá, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Chile, Argentina. Fuente: Banco de la República (estadísticas no publicadas).
- PIB: Producto Interno Bruto real trimestral de Colombia. Para obtener la serie mensual se interpola la serie trimestral mediante la serie mensual del Indicador de Seguimiento a la Economía (ISE) del DANE y el procedimiento “DISAGGREGATE.SRC” del programa econométrico RATS. Fuente: Banco de la República (estadísticas no publicadas) y cálculos propios.
- TIB: Tasa de interés interbancaria. Fuente: Banco de la República.
- VIX: Índice de volatilidad del mercado de opciones de Chicago. Los datos mensuales son el promedio de los datos diarios. Fuente: Datastream.
- WTI: West Texas Intermediate, precio de cotización del petróleo WTI. Datos mensuales calculados como el promedio de los datos diarios. La serie se deflacta mediante el Índice de Precios al Productor de los Estados Unidos. Fuente: Datastream y cálculos propios.
- PIB externo: Producto Interno Bruto real mensual de los Estados Unidos de América. Se utiliza como proxy la serie “Chicago FED National Activity Index, CFNAI-MA3”. Fuente: Federal Reserve Bank of Chicago.

Apéndice A.2 Funciones de impulso respuesta de las variables endógenas ante su misma perturbación

Respuestas de Precios Petróleo a choque Prec Petróleo



Respuestas de VIX a choque VIX



Apéndice A.3 Descomposición de varianza

Proporción de la varianza explicada por perturbación a:								
Variable	Horizonte (meses)	Demanda	Oferta	Tasa de cambio	Política monetaria	VIX	Precio del petróleo	PIB externo
Variación anual del IPC	1	37	1	14	6	26	16	0
Variación anual del IPC	12	1	7	36	18	1	4	33
Variación anual del IPC	24	1	8	39	20	2	7	22
Variación anual de la tasa de cambio	1	1	4	24	13	21	35	3
Variación anual de la tasa de cambio	12	1	2	11	6	16	43	21
Variación anual de la tasa de cambio	24	1	2	10	6	17	44	20

Fuente: cálculos de los autores.

Apéndice A.4 Participación porcentual de las perturbaciones macroeconómicas en el comportamiento histórico de la tasa de cambio y la inflación, condicionada a los períodos de apreciaciones y depreciaciones del peso descritas en el texto

Variación anual de la tasa de cambio

Fecha inicial	Fecha final	Perturbaciones						
		Demanda	Oferta	Tasa de cambio	Política monetaria	VIX	Precio del petróleo	PIB Externo
2002:04	2003:03	7	7	40	30	1	12	3
2003:04	2006:02	4	12	27	21	4	27	5
2006:03	2006:06	14	1	18	17	7	40	3
2006:07	2008:06	9	13	30	17	3	18	11
2008:06	2009:02	4	7	16	20	9	25	19
2009:02	2012:06	9	13	16	15	12	21	15
2014:07	2016:02	4	26	14	9	7	26	14
2016:02	2016:06	2	29	8	6	5	43	8

Fuente: cálculos de los autores con base en los resultados de las HDs presentadas en el texto. Los valores tabulados corresponden al promedio de los valores absolutos de las participaciones de la respectiva perturbación en la HD de la variación anual de la tasa de cambio. Como dichos valores son participaciones, la suma horizontal es igual a 100. Las zonas sombreadas de rosado y gris corresponden a los períodos de depreciaciones y apreciaciones, respectivamente, tal y como se describen en el texto.

Variación anual de la inflación

Fecha inicial	Fecha final	Perturbaciones						
		Demanda	Oferta	Tasa de cambio	Política monetaria	VIX	Precio del petróleo	PIB Externo
2002:04	2003:03	35	15	14	24	3	2	8
2003:04	2006:02	21	15	26	15	8	8	7
2006:03	2006:06	22	5	32	20	7	10	4
2006:07	2008:06	13	26	11	21	6	7	16
2008:06	2009:02	17	12	26	3	15	2	25
2009:02	2012:06	22	14	9	9	19	11	16
2014:07	2016:02	30	18	11	14	10	6	12
2016:02	2016:06	5	31	20	4	2	16	21

Fuente: cálculos de los autores con base en los resultados de las HDs presentadas en el texto. Los valores tabulados corresponden al promedio de los valores absolutos de las participaciones de la respectiva perturbación en la HD de la variación anual del IPC. Como dichos valores son participaciones, la suma horizontal es igual a 100. Las zonas sombreadas de rosado y gris corresponden a los períodos de depreciaciones y apreciaciones, respectivamente, tal y como se describen en el texto.

Apéndice A.5 Participación porcentual de las perturbaciones macroeconómicas en el comportamiento histórico de la tasa de cambio y la inflación, condicionada a períodos de movimientos “Grandes” y “Pequeños” de la tasa de cambio y a las apreciaciones o depreciaciones del peso

Variación anual de la tasa de cambio

Fluctuación de la tasa de cambio	Perturbaciones						
	Demanda	Oferta	Tasa de cambio	Política monetaria	VIX	Precio del petróleo	PIB Externo
Grandes	6	13	22	19	6	25	9
Pequeñas	9	13	17	14	9	19	20
Apreciación	7	12	20	20	7	20	13
Depreciación	8	14	19	13	7	24	16

Fuente: cálculos de los autores con base en los resultados de las HDs presentadas en el texto. Los valores tabulados corresponden al promedio de los valores absolutos de las participaciones de la respectiva perturbación en la HD de la variación anual de la tasa de cambio. Como son participaciones, la suma horizontal es igual a 100. Las fluctuaciones cambiarias "Grandes" son aquellas que en valor absoluto son mayores al 7%. Las "Pequeñas" como las menores a dicho umbral. Este corresponde a la mediana de la distribución de la variación de anual de la tasa de cambio. En este cuadro "Apreciación" y "Depreciación" indican que la variación de la tasa de cambio es negativa y positiva, respectivamente.

Variación anual de la inflación

Fluctuación de la tasa de cambio	Perturbaciones						
	Demanda	Oferta	Tasa de cambio	Política monetaria	VIX	Precio del petróleo	PIB Externo
Grandes	19	18	16	14	12	9	13
Pequeñas	22	16	13	14	11	6	18
Apreciación	18	18	12	15	12	8	16
Depreciación	24	15	18	12	11	6	14

Fuente: cálculos de los autores con base en los resultados de las HDs presentadas en el texto. Los valores tabulados corresponden al promedio de los valores absolutos de las participaciones de la respectiva perturbación en la HD de la variación anual del IPC. Como son participaciones, la suma horizontal es igual a 100. Las fluctuaciones cambiarias "Grandes" son aquellas que en valor absoluto son mayores al 7%. Las "Pequeñas" como las menores a dicho umbral. Este corresponde a la mediana de la distribución de la variación de anual de la tasa de cambio. En este cuadro "Apreciación" y "Depreciación" indican que la variación de la tasa de cambio es negativa y positiva, respectivamente.

