

**MEDICIÓN DEL IMPACTO DE LOS TÉRMINOS DE INTERCAMBIO
SOBRE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA COLOMBIANA: UNA
APROXIMACIÓN FAVAR**

Andrés Felipe Oviedo Gómez



UNIVERSIDAD DEL VALLE
MAESTRÍA EN ECONOMÍA APLICADA
SANTIAGO DE CALI
2017

**MEDICIÓN DEL IMPACTO DE LOS TÉRMINOS DE INTERCAMBIO
SOBRE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA COLOMBIANA: UNA
APROXIMACIÓN FAVAR**

Andrés Felipe Oviedo Gómez
Código: 1500515

Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Economía Aplicada

Director(a): Lya Paola Sierra Suárez
Ph.D en Economía, Universidad Autónoma de Madrid
Profesor Asociado
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Pontificia Universidad Javeriana Cali



UNIVERSIDAD DEL VALLE
MAESTRÍA EN ECONOMÍA APLICADA
SANTIAGO DE CALI
2017

Contenido

Resumen	1
Introducción	2
I. Revisión literaria	4
II. Los Términos de intercambio y la economía colombiana	8
III. Metodología empírica	13
A. Modelos FAVAR	13
B. Número de factores	15
IV. Datos	16
V. Resultados empíricos	17
1. Estimación de número de factores	18
2. Funciones Impulso-Respuesta (FIR)	19
3. Descomposición de varianza	24
4. Pruebas de robustez	26
VI. Conclusiones	29
Referencias:	31
Apéndices	36
Apéndice A	36
Apéndice B	39
Apéndice C	44
Apéndice C1	44
Apéndice C2	46
Apéndice C3	47
Apéndice C4	49
Apéndice C5	50
Apéndice C6	54

Índice de gráficas

Gráfica 1. Índices de los términos de intercambio de Colombia para el periodo 1995-2016.	10
Gráfica 2. Comportamiento de los precios del petróleo y el café para el periodo 1980-2016.	11
Gráfica 3. Evolución gráfica de las series de interés.	12
Gráfica 4. Bloque de factores hallados por el análisis de Componentes Principales.	19
Gráfica 5. Impulso-Respuesta generalizada y acumulada del factor de actividad económica y la inversión ante un choque del índice de términos de intercambio.	20
Gráfica 6. Impulso-Respuesta generalizada y acumulada del factor tipo de cambio real (ITCR) y la balanza comercial ante un choque del índice de los términos de intercambio.	21
Gráfica 7. Impulso-Respuesta generalizada y acumulada del factor agregados monetarios, del factor precios (inflación) y del consumo total ante un choque del índice de los términos de intercambio.	23
Gráfica 8. Impulso-Respuesta generalizada y acumulada del PIB, la inversión, la balanza comercial, ITCR, agregados monetarios, precios y consumo total.	27

Índice de tablas

Tabla 1. Número de factores estimados utilizando los criterios de información de Bai y Ng (2002).	18
Tabla 2. Factores hallados por el Análisis por Componentes Principales.	19
Tabla 3. Descomposición de la varianza de las variables de interés seleccionadas.	25

Resumen

Dado que Colombia es un país que concentra sus exportaciones en materias primas, cuyos precios determinan directamente los términos de intercambio, se hace necesario el análisis detallado de los impactos de esta variable en la economía nacional. Este trabajo tiene como objetivo analizar los efectos de choques en los términos de intercambio sobre la producción, la inversión, el consumo, el tipo de cambio real y la inflación, en Colombia. Para ello y adicional a las variables de interés, se emplea una base de datos de 129 variables relacionadas con la actividad económica nacional para el periodo 2001-2016, y se estima un modelo FAVAR (*Factor Augmented VAR*, por sus siglas en ingles), propuesto originalmente por Bernanke, Boivin y Elias (2005). La metodología permite incluir la información económica contenida en las series en un modelo de vectores autoregresivos mediante la estimación previa de factores comunes. Para evaluar tanto el efecto de choques en los términos de intercambio en la economía en general, como para analizar la importancia relativa de los términos de intercambio en la variabilidad de cada variable dentro del modelo, se estiman las Funciones Impulso-Respuesta y se realiza un análisis de descomposición de varianza. Los resultados sugieren que los choques de los términos de intercambio generan efectos significativos sobre la actividad económica colombiana, la inversión, el tipo de cambio real y la balanza comercial.

Palabras clave: Términos de intercambio, actividad económica, comercio internacional, análisis de series cronológicas, modelos FAVAR, Colombia.

Clasificación JEL: F14, F41, O54

Introducción

Los términos de intercambio (TI) representan la razón entre el precio de las exportaciones y el precio de las importaciones de un país. Esta relación expresa la capacidad de compra que tienen los productos domésticos vendidos en el extranjero (Banco de la Republica, 2013). Además, al ser una variable exógena permite observar los efectos de choques externos sobre los diferentes sectores económicos y medir de forma indirecta el bienestar de un país.

A diferencia de los países industrializados, los países en vía de desarrollo concentran una gran proporción de sus exportaciones en materias primas o productos agrícolas, lo cual los hace más vulnerables a choques en los términos de intercambio¹. Por su naturaleza, los precios de los *commodities* son altamente volátiles debido a que poseen demandas y ofertas inelásticas en el corto plazo (Roberts y Schlenker, 2013). De acuerdo a Sinnott, Nash y De la Torre (2010) las mayores fluctuaciones de los términos de intercambio se presentan en países que concentran sus exportaciones en bienes minero-energéticos, seguido por exportadores de otros bienes primarios y por exportadores de manufacturas. Los efectos económicos de los choques de los TI en las economías no solo están determinados por su magnitud y tipo de producto exportado, sino también por el grado de apertura de la economía a los mercados internacionales. Para Ortiz (2016) desde la década del 90 varios países de Suramérica han implementado el modelo neoliberal sin un proceso de diversificación productiva, lo cual ha elevado el grado de exposición de estas economías a las perturbaciones externas y ha generado que los impactos de los choques sean recibidos de forma inmediata en el ingreso público y en los agregados fiscales (Banco Mundial, 2000).

Para Colombia los choques de los términos de intercambio son de suma importancia dado que las exportaciones para el 2015 representaron el 15% del PIB (The World Bank Group, 2016) y que el 80% de ellas fueron productos básicos, donde el petróleo (40%), el carbón (13%), el café (7%) y el níquel (1%)² constituyen más de la mitad de las exportaciones

¹ De acuerdo a Fernández, González y Rodríguez (2015) la proporción promedio de materias primas exportadas por países en vía de desarrollo es superior al doble de las exportadas por los países industrializados.

² La información se obtuvo directamente del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

nacionales (Consejo Privado de Competitividad, 2014). Por lo tanto, es significativo entender de forma adecuada la dinámica de las fluctuaciones producidas por los choques de los TI sobre los agregados económicos con el fin de dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuál es el nivel de incidencia que tienen los choques de los términos de intercambio sobre la actividad económica colombiana, tras el auge y el deterioro mundial de los precios de las materias primas en la década del 2000?, ¿Cuál es la importancia relativa de los términos de intercambio sobre la variabilidad de los diferentes agregados económicos? y ¿Cuál es el tiempo y la persistencia de un choque de los términos de intercambio?

Por lo tanto, el objetivo de este estudio radica en medir, entender e identificar los efectos ocasionados por los choques de los TI sobre las variables macroeconómicas, principalmente sobre la producción, la inversión, el consumo, la balanza comercial, el tipo de cambio real y la inflación en Colombia. Se utiliza una metodología que combina los modelos de vectores autoregresivos con los modelos factoriales dinámicos. Esta metodología fue propuesta por Bernanke, Boivin y Elias (2005) y recibe el nombre de FAVAR (*Factor Augmented VAR*, por sus siglas en inglés). Los modelos FAVAR tienen la ventaja de utilizar un sinnúmero de variables macroeconómicas y eliminan las limitaciones de información de los modelos VAR, lo que garantiza un análisis más amplio de los efectos de los términos de intercambio sobre toda la actividad económica y reduce las anomalías ocasionadas, posiblemente, por sesgos de variables omitidas.

Para este análisis y adicional a las variables de interés, se emplearon 129 series macroeconómicas trimestrales comprendidas entre el periodo 2001 y 2016 y dado que hasta el momento no se conocen estudios empíricos que hagan uso de los modelos FAVAR en el análisis de los choques de los términos de intercambio, se busca brindar una perspectiva más amplia por medio de la evaluación del tiempo y la persistencia aplicando Funciones Impulso-Respuesta (FIR) y desarrollando una descomposición de varianza para observar la importancia relativa de los términos de intercambio sobre las diferentes variables macroeconómicas. Además de aplicar esta metodología, se busca dar una nueva visión por medio de los resultados hallados dado que los estudios previos internacionales muestran diversas conclusiones con base en modelos teóricos de equilibrio general simulados y

modelos empíricos (VAR), lo que imposibilita determinar con precisión los efectos de estos choques sobre la economía. Los resultados más sobresalientes del ejercicio econométrico indican que los términos de intercambio tienen una fuerte incidencia sobre la actividad económica, la inversión, el tipo de cambio real y la balanza comercial.

El trabajo se encuentra dividido en las siguientes secciones: la sección I, reseña las referencias literarias de estudios previos tanto a nivel internacional como para Colombia; en la sección II, se definen los TI, se explica el método de construcción y se observa la evolución de los términos de intercambio en los últimos años y su relación con las principales variables macroeconómicas en Colombia; la sección III contiene una descripción de la metodología empírica aplicada; la sección IV, presenta la descripción de los datos y la sección V, los resultados empíricos. Finalmente, la sección VI, expone las conclusiones finales.

I. Revisión literaria

En esta sección se realiza una descripción de los estudios que han adelantado diferentes autores sobre la influencia de los choques de los términos de intercambio en economías desarrolladas y emergentes, que concentran un porcentaje importante de sus exportaciones en materias primas.

Con la premisa de que los países exportadores de *commodities* son más propensos a sentir los efectos de los choques de los términos de intercambio, varios autores han observado que diferentes agregados económicos como el PIB, la inversión, el consumo, el tipo de cambio y la inflación son las variables mayormente afectadas, pero la magnitud del impacto está condicionada por las características económicas del país. En la década del 90, Mendoza (1995) examinó la relación entre los TI y los ciclos de negocios usando un modelo dinámico estocástico de equilibrio intertemporal con base en tres bienes de consumo (exportables, importables y no transables), para 23 países en vía de desarrollo de América Latina, Medio Oriente, Asia y África y 7 industrializados pertenecientes al G8. Los resultados muestran que para los países emergentes, los choques de los TI explican entre el 37% y el 56% de la

variabilidad del PIB real, mientras que en los países industrializados fue del 33%. Por su parte, Schmitt-Grohe y Uribe (2015) desarrollaron un modelo teórico (similar a Mendoza, 1995) y estimaron un SVAR para evaluar el efecto de los TI para 38 países pobres y en vías de desarrollo de América Latina, África y Asia. El modelo teórico indica que un choque de los TI explica el 30% de la variación de la producción, el consumo, la inversión y otros agregados. Por el contrario, los resultados empíricos del SVAR muestran que los choques de los TI explican aproximadamente el 10% de la variación de la producción, el consumo, la inversión y la balanza comercial y un 14% de la variación del tipo de cambio real. Estos resultados son coherentes a los encontrados por Broda (2004) que concluyó, a partir del análisis de 75 países en vía de desarrollo, que los TI generan una volatilidad menor al 10% del PIB real. En contraste a Schmitt-Grohe y Uribe (2015) y Broda (2004), Spatafora y Warner (1999) hallaron, para 18 países desarrollados y emergentes exportadores de petróleo, que los choques positivos de los TI generan una variación promedio del 30% entre países en variables como el crecimiento de la producción, el consumo y la inversión.

La evidencia muestra un mayor impacto de los choques de los términos de intercambio en países que concentran sus exportaciones en *commodities*, pero no es despreciable el efecto de las variaciones de los precios de estos productos en los países desarrollados, principalmente si son exportadores de petróleo. Andrews y Rees (2009) realizaron un estudio de datos panel para observar los efectos de los TI sobre la economía australiana y encontraron que las variaciones positivas y superiores a una desviación estándar de los términos de intercambio, generan una volatilidad anual del 1.1% del crecimiento del PIB y del 1.2% de la inflación. Así mismo, Jääskelä y Smith (2013) también para Australia, emplearon un modelo VAR con restricciones signos, para observar la respuesta de la inflación, la producción, la tasa de interés y la tasa de cambio, ante tres tipos de choques exógenos: choque específico a la demanda de materias primas, choque a la oferta mundial y choque a la “globalización” (ingreso de economías emergentes a los mercados internacionales). Los resultados muestran que los TI explican 2/3 de la variación de la tasa de cambio, pero su influencia sobre las demás variables es menor a 1/5. Con base en la metodología anterior, Karagedikli y Price (2012) encontraron que los tres tipos de choques en conjunto presentan efectos directos sobre los TI y explican alrededor del 40% de la variación de los precios de

las materias primas y un 20% de las fluctuaciones del PIB en Nueva Zelanda. Los autores decidieron no utilizar el índice de TI, sino los índices de precios de exportaciones e importaciones por separado, con el fin de explicar cómo los choques actúan de manera autónoma sobre la economía neozelandesa. Mientras que para Canadá, país que enfoca parte de sus exportaciones tanto en materias primas como en bienes manufacturados, Charnavoki y Dolado (2014) propusieron un modelo factorial dinámico estructural (SDFM, por sus siglas en inglés) y un modelo VAR estructural para identificar los principales choques externos que impulsan los precios mundiales de las materias primas. Los resultados de su ejercicio econométrico indican que ante un choque positivo de la demanda global y un choque negativo de *commodities*, los términos de intercambio presentan una mejora de un 0.04% y un 0.025% en términos del PIB, respectivamente.

Un caso especial se ha observado en los países africanos que contienen una estrecha gama de productos básicos para exportar. La evidencia empírica ha mostrado que las fluctuaciones externas del comercio explican casi la mitad de la volatilidad de la producción en países pertenecientes a la región Sahariana, mientras que en la zona Sub-Sahariana los efectos son inferiores. Kose y Riezman (2001) a través de un modelo de equilibrio general aplicado a 22 países no exportadores de petróleo, donde 18 países pertenecen al África Sahariana y cuatro a los Emiratos Árabes Unidos, observaron que las variaciones de los precios de las materias primas describen alrededor del 45% de las fluctuaciones de la producción, el 87% de la variación de la inversión y el 80% de la oferta laboral. Mientras que para la región Sub-Sahariana, Hoffmaister, Roldos y Wickham (1998) y Deaton y Miller (1996) por medio de la estimación de modelos VAR, encontraron que los choques de los TI generan un efecto del 0.5% en las fluctuaciones de la producción en el largo plazo, producen una apreciación del 0.12% de la tasa de cambio real y que un incremento de un 10% en los precios de las materias primas ocasionan un aumento en la producción de un 6%, respectivamente. Mientras que Balassa (1983) encontró que una desmejora de los TI ocasiona una variación del 3.3% del PNB en los países de África sub-Sahariana importadores de petróleo, pero para los exportadores se registró una variación del 21.3% del PNB.

Latinoamérica es especialmente propensa a sufrir los efectos de choques en los TI, ya que la mayoría de sus países son dependientes de materias primas. En 2014 la participación de los *commodities* en las exportaciones totales de la región superó el 80%³. Al igual que en la literatura internacional los estudios que analizan los efectos de los términos de intercambio en las economías latinoamericanas están basados en modelos VAR, sin embargo los resultados de un choque de los TI sobre la producción difieren ampliamente. Para Ben-Zeev, Pappa y Viccondoa (2016) con base en el modelo teórico de Schmitt-Grohe y Uribe (2015) y un modelo VAR, encontraron que los TI explican en promedio el 25% de las fluctuaciones de la producción tanto a nivel teórico como empírico de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México y Perú. Mientras que Izquierdo, Romero y Talvi (2008) estudiaron las fluctuaciones de los términos de intercambio para los países latinoamericanos descritos (incluyendo a Venezuela) y hallaron que un incremento de dos puntos porcentuales de los TI genera un aumento del crecimiento del PIB solo del 0.21% en el segundo trimestre después del choque. En cambio Ahmed (2003) encontró que las variaciones de los términos de intercambio explican en promedio menos del 8% de las fluctuaciones de la producción para los mismos países estudiados, excluyendo a Ecuador. Por otro lado, Castillo y Salas (2010) hallaron por medio de un modelo VAR y un proceso de descomposición de varianza para la economía peruana, que los choques de los TI explican aproximadamente el 90% de las fluctuaciones del producto, la inversión y el consumo en un horizonte de 10 años. Por su parte, Peña (2008, 2015) determinó, para la economía venezolana, que los choques de los TI son persistentes y generan un aumento de un 2% en la incertidumbre macroeconómica. Mientras que un incremento de 1% de los TI provoca una caída de la tasa de desempleo en 10 puntos porcentuales.

A pesar de la importancia de los términos de intercambio en economías dependientes de materias primas, para Colombia existen pocos estudios que evalúan la incidencia de los choques de los TI sobre la actividad económica. En general la literatura encontrada evalúa los efectos de choques en los TI sobre variables macroeconómicas por separado: Arteaga,

³ Para autores como Sierra (2015) el auge en los precios de las materias primas debido al incremento de la demanda por parte de China e India y la caída en los precios mundiales de las manufacturas en la primera década del siglo XXI, generó un *boom* en los términos de intercambio en la mayoría de los países latinoamericanos, convirtiéndolos en los proveedores más importantes de los países asiáticos.

Granados y Joya (2013), por ejemplo, analizan los efectos de los términos de intercambio en la tasa de cambio real (TCR); por otro lado, Misas y Ripoll (1993) estudian la incidencia de los choques de los TI sobre el ahorro privado; y Parra (2008) y Hernández (2013) evaluaron las fluctuaciones de los TI sobre el PIB de la economía colombiana. Es importante resaltar el trabajo desarrollado por éste último autor, porque construyó dos índices de TI y aplicó un modelo ARMAX que le permitió concluir que entre un 27% y un 33% de la variabilidad trimestral del PIB depende de los TI. Como se puede observar, aunque existen trabajos que analicen los impactos de los TI sobre diferentes variables, no hay evidencia, hasta el momento, de un estudio que evalúe la incidencia de los TI sobre la economía a nivel general. Es este el vacío que se pretende cubrir en esta investigación, a través del uso de un conjunto extenso de variables que describan en gran medida la actividad económica nacional.

II. Los Términos de intercambio y la economía colombiana

A continuación se explica el método de construcción del índice de términos de intercambio y se presenta un análisis descriptivo de las variables que reciben el mayor impacto de los choques de los TI para autores como Hernández (2013), Schmitt-Grohe y Uribe (2015), Ben-Zeev, Pappa y Vicondoa (2016) y Castillo y Salas (2010).

La importancia de los índices reside en que permiten resumir grandes cantidades de información en un valor único por periodo, con el fin de poder garantizar un correcto análisis de las variables agregadas. Los datos que se usarán para modelar los términos de intercambio provienen del índice construidos por el banco central de Colombia (Banco de la República), que toma información del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y del Departamento de Impuesto y Aduanas Nacionales (DIAN). En el Apéndice A, se describen las diferentes metodologías aplicadas para construir el índice de los términos de intercambio para Colombia, que han sido desarrolladas por Garavito, Huertas, López, Parra y Ramos (2011) y que el banco central utiliza como referencia para su construcción.

El índice de los términos de intercambio que se aplicó en esta investigación se estructuró a partir de precios implícitos (p_{it}) o de valor unitario (vu_{it}), construidos a través del valor

exportado o importado (v_{it}) en términos de FOB, del producto i en un mes dado t y su respectivo peso neto (q_{it}) en kilogramos a partir de la siguiente expresión:

$$p_{it} = v_{it} = \frac{v_{it}}{q_{it}} \quad [1]$$

A nivel metodológico los índices de precios exportados ($IP_{X,t}^{EP}$) e importados ($IP_{M,t}^{EP}$) se diseñaron por medio de la formula encadenada (ecuación [A5] descrita en el Apéndice A), el índice de Paasche (ecuación [A3] descrita en el Apéndice A) y los datos de comercio exterior (CE). La ecuación [2] muestra la estructura general del índice de los términos de intercambio y los índices de precios utilizados:

$$ITI - CE_t = 100 \cdot \left(\frac{IP_{X,t}^{EP}}{IP_{M,t}^{EP}} \right) \quad [2]$$

Por su parte, el índice de Paasche encadenado (P_t^{EP}) se define como:

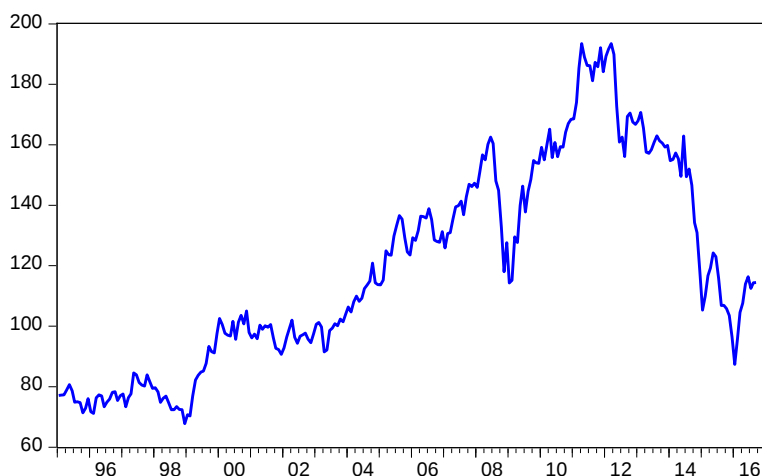
$$P_t^{EP} = P_{(t-1;t-12)}^{EP} \cdot P_t^P \quad [3]$$

donde $P_{(t-1;t-12)}^{EP}$ es el promedio móvil de los últimos 12 meses del índice encadenado y P_t^P se define como $\sum_i^n \left(\bar{\beta}_{i,t} \cdot \frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} \right)$, donde $P_{i,t}$ representa el valor del precio implícito o valor unitario de la partida arancelaria (i) y $\bar{\beta}_{i,t}$ es equivalente a $\frac{\bar{P}_{i,t-1} Q_{i,t}}{\sum_i^n \bar{P}_{i,t-1} Q_{i,t}}$, donde $\bar{P}_{i,t-1}$ es el promedio móvil de los últimos 12 meses del precio implícito de la partida arancelaria (i), que se define como el cociente entre el valor en dólares y el precio en kilogramos ya sea exportados, o importados. El periodo de esta metodología es 1995-2016 y la base de los índices es geométrica 2005=100 (Garavito, López y Montes, 2011).

Con base en la metodología citada, la Gráfica 1 muestra el índice de los términos de intercambio (ITI) para Colombia. El hecho más significativo que se puede observar en la gráfica, es la mejora de los TI a partir de la década del 2000, que para algunos autores como Jekins (2011) y Sierra (2015), se debió al incremento de los precios de las materias primas y un descenso del precio de las importaciones. También se aprecia una reducción de los TI a

mediados del 2008, debido a la crisis financiera global, y otra posterior disminución en el 2014 ocasionada por la fuerte caída del precio del petróleo.

Gráfica 1. Índices de los términos de intercambio de Colombia para el periodo 1995-2016.



Fuente: Banco de la República 2016.

Dada la importancia de las materias primas en la composición de las exportaciones de Colombia: 40% de las exportaciones fueron de petróleo, 13% de carbón, 7% de café y 1% de níquel en el 2015, se analizan gráficamente la relación de sus precios. La Gráfica 2 describe los precios del café⁴ (línea discontinua) y los precios del petróleo⁵ (línea punteada) en Colombia para el periodo 1980-2016. Se revisan estos productos porque en las últimas décadas han sido las materias primas con mayor peso en las exportaciones colombianas, gracias a la bonanza cafetera, en la década del 70, el café se convirtió en el producto insignia para la economía nacional porque representó más del 50% de las exportaciones totales (60% a finales de la década del 70) (Cano, Vallejo, Caicedo, Amador y Tique, 2012). Se observa una correlación positiva entre el ITI y los precios del café de 0.57, mientras que con los precios del petróleo la correlación es de 0.37. Sin embargo, a mediados de la década del 90, el petróleo aumentó significativamente su participación en las exportaciones y desde 1995

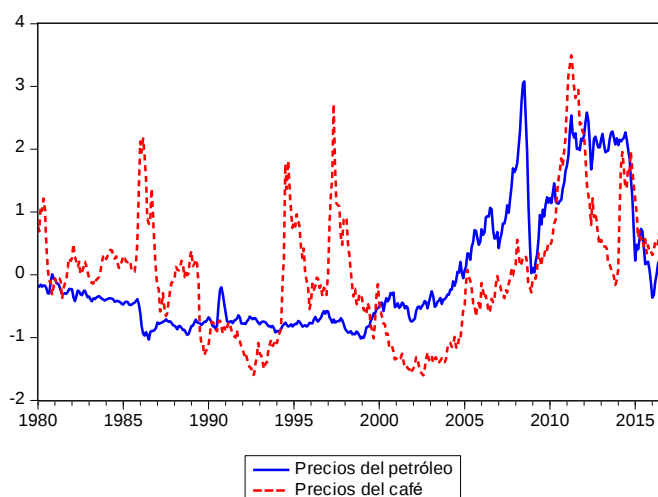
⁴ Los precios del café se toman de: cafés arábigos suaves, precios en efectivo de la Organización Internacional de Café, New York. US\$ centavos por libra.

⁵ Los precios del petróleo se toman de: promedio simple de tres precios al contado; Dated Brent, WTI y el Dubái Fateth.

ha sido el principal producto exportado para Colombia. Es importante observar que en las últimas tres décadas la correlación entre los términos de intercambio y el petróleo es positiva y equivalente a 0.88, en cambio la correlación con los precios del café es igual a 0.65. Lo que permite inferir que las oscilaciones del precio del petróleo han ganado relevancia en la evaluación de los TI en Colombia.

En relación con las otras materias primas exportadas por Colombia como el carbón y el níquel, la correlación de los precios del níquel y el carbón con los términos de intercambio es de 0.4 y 0.7, respectivamente.

Gráfica 2. Comportamiento de los precios del petróleo y el café para el periodo 1980-2016.

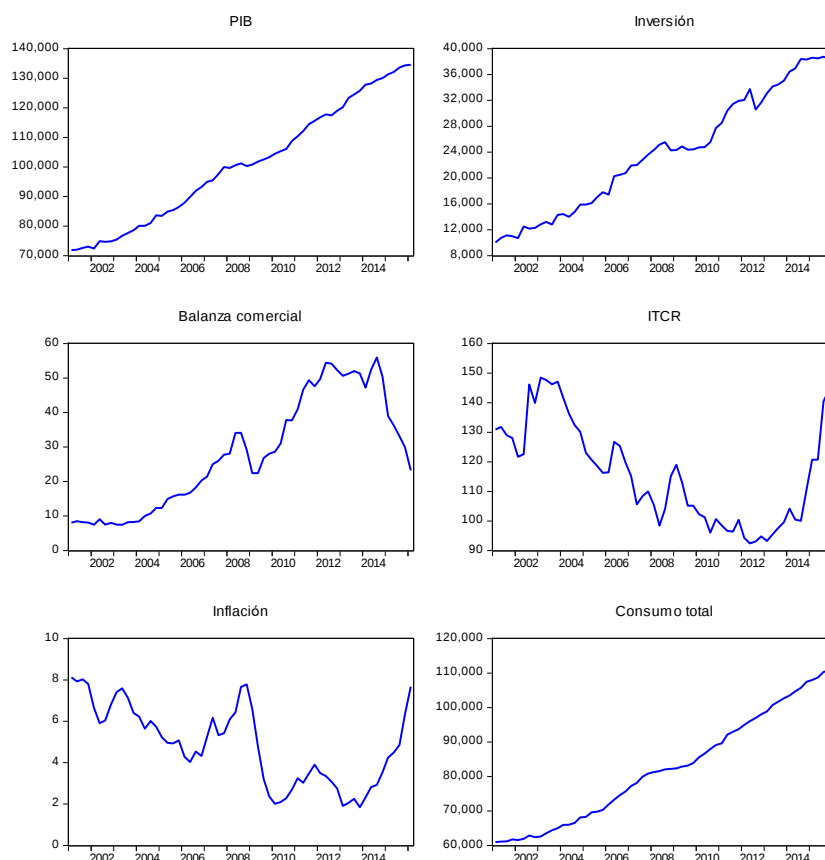


Fuente: FMI.

De acuerdo a la literatura anteriormente citada, otras variables impactadas por la evolución de los términos de intercambio son: el PIB (billones de pesos a precios constantes del año 2005), la inversión, el consumo total, la balanza comercial, el índice de tasa de cambio real (ITCR) y la inflación. La Gráfica 3 muestra la evolución de estas variables en los últimos años. Al observar la correlación entre los términos de intercambio y las variables de interés, se encontró que el PIB presenta una relación positiva de 0.5, valor cercano al 0.35 hallado por Hernández (2013). Por su parte, se determina una correlación positiva entre los términos de intercambio y la inversión y el consumo de 0.59 y de 0.54, respectivamente. Parra (2008) afirma que los choques de los términos de intercambio generan incrementos en la inversión

y el consumo debido a la reasignación del capital a su lugar productivo. Mientras que para el caso de la balanza comercial, se calcula una correlación alta y positiva de 0.82 y para el ITCR definido como un precio relativo que compara el valor de una canasta de bienes en dos países diferentes, a través de la misma moneda (Banco de la República, 2013) se determinó una relación negativa de 0.9, resultado que concuerda con el obtenido por Poncela, Senra y Sierra (2016) quienes infieren que el ingreso derivado, por ejemplo, del aumento del precio del petróleo genera una entrada de divisas que ocasiona la apreciación real del peso frente al dólar. Finalmente, los términos de intercambio y la inflación presentan una correlación negativa de -0.7. Sin embargo, como se analizará en la sección de resultado (sección IV) las variables de inflación y consumo total no responde de forma significativa ante un choque positivo de los términos de intercambio en la economía colombiana.

Gráfica 3. Evolución gráfica de las series de interés.



Fuente: Banco de la República y Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

III. Metodología empírica

En el siguiente apartado se presenta una descripción de la metodología empírica que se utilizó como herramienta para observar los efectos que tienen los choques de los términos de intercambio sobre las diferentes variables macroeconómicas nacionales. Se emplea la metodología FAVAR (*Factor Augmented VAR*) de Bernanke, Boivin y Elias (2005) porque permite evaluar la persistencia temporal de los choques exógenos a través de Funciones Impulso-Respuesta (FIR) de un gran número de variables macroeconómicas y a diferencia de los modelos de vectores autoregresivos VAR, incorpora factores que brindan información suficiente para capturar de forma general y precisa los movimientos simultáneos de la actividad económica y reducen, parcialmente, las dificultades de dimensionalidad. Además, se expone el método desarrollado por Bai y Ng (2002) que permite determinar el número de factores requeridos para la estimación del modelo.

A. Modelos FAVAR⁶

Se define un vector $\mathbf{Y}_t$ de dimensiones $M \times 1$ que está compuesto por variables económicas observables o de interés: términos de intercambio, producto, inversión, consumo, balanza comercial, tipo de cambio e inflación, comprendidas para un $t = 1, 2, \dots, T$ periodos. Se infiere, como normalmente sucede en los modelos VAR, que existe información adicional que no está contenida en $\mathbf{Y}_t$ y que es relevante en la explicación de la dinámica de las series de este vector. Sin embargo, dicho conjunto de información excluido por las limitantes del modelo empírico, puede resumirse en un vector $K \times 1$ factores no observables, $\mathbf{F}_t$. La dinámica de $(\mathbf{F}_t, \mathbf{Y}_t)$ puede ser representada por un modelo VAR como se expresa a continuación en la ecuación [4]:

⁶ Esta sección sigue de cerca la notación y metodología desarrollada por Bernanke, Boivin y Elias (2005) y Londoño, Tamayo y Velásquez (2012).

$$\begin{bmatrix} \mathbf{F}_t \\ \mathbf{Y}_t \end{bmatrix} = \boldsymbol{\Phi}(L) \begin{bmatrix} \mathbf{F}_{t-1} \\ \mathbf{Y}_{t-1} \end{bmatrix} + \mathbf{v}_t \quad [4]$$

Donde $\boldsymbol{\Phi}(L)$ es una matriz que representa el polinomio del operador de rezagos finito de orden d y el termino de error, $\mathbf{v}_t$, tiene media cero y una matriz de covarianzas Q .

Para la estimación de los factores, $\mathbf{F}_t$, se utiliza los llamados modelos factoriales dinámicos, propuestos originalmente por Geweke (1976), y desarrollados ampliamente por Stock y Watson (2002, 2005, 2011). Dicho modelo se puede representar de la forma estática como:

$$\mathbf{X}_t = \boldsymbol{\Lambda} \mathbf{F}_t + \mathbf{e}_t \quad [5]$$

siendo $\mathbf{X}_t$ un vector de dimensión $N \times 1$, que contiene un conjunto grande de información (129 series de tiempo observables, donde no se incluyen las variables de interés). Se asume que este vector de información $\mathbf{X}_t$ puede ser representado como la suma de dos componentes no observables: uno o unos componentes comunes a todas las variables, $\mathbf{F}_t$, y un componente idiosincrático, $\mathbf{e}_t$, propio de cada variable. En la ecuación [5] $\boldsymbol{\Lambda}$ es una matriz compuesta por las cargas de los factores, de dimensión $N \times K$ (el término $\boldsymbol{\Lambda} \mathbf{F}_t$ se denomina componentes comunes de $\mathbf{X}_t$) y el término de error, $\mathbf{e}_t$ tiene media cero y distribuido normal, con dimensión $N \times 1$. Este último término puede presentar una poca correlación transversal, en la medida que captura el componente idiosincrático⁷.

De acuerdo a Bernanke et al. (2005), existen dos enfoques para la estimación de los modelos FAVAR, ecuaciones [4] y [5]: el primero consiste en estimar los factores del conjunto de información $\mathbf{X}_t$ mediante componentes principales, y posteriormente incluir los factores estimados ($\hat{\mathbf{F}}_t$) en el modelo VAR (ecuación [4]). Mientras que el segundo abarca la estimación conjunta de las ecuaciones [4] y [5], a través de métodos bayesianos. Dado que la dimensión de los modelos considerados es grande y la irregularidad de la función de verosimilitud haría imposible la estimación por máxima verosimilitud, en este estudio se

⁷ Tanto $\mathbf{F}_t$ como $\mathbf{e}_t$ pueden seguir un proceso auto-regresivo, aunque en esta investigación no se tiene en cuenta.

utiliza el primer método descrito, dada su simplicidad computacional y por el hecho de que impone pocos supuestos de distribución y tiene un alto grado de robustez para un nivel de correlación transversal en el error (Stock y Watson, 2005).

El primer enfoque señalado, incluye la estimación del FAVAR en dos etapas: la primera consiste en la estimación de los espacios que ocupan los factores, por medio de k componentes principales de $\mathbf{X}_t$ ⁸ y la segunda etapa estima la ecuación [4] a través del método estándar de vectores autoregresivos, lo que requiere reemplazar $\mathbf{F}_t$ por $\hat{\mathbf{F}}_t$.

Se estimarán las funciones Impulso-Respuesta generalizadas propuestas por Pesaran y Shin (1998), que a diferencia de las FIR halladas por el método de Cholesky, no dependen de la ordenación del VAR.

B. Número de factores

Para determinar el número de factores que se incluirán en la segunda etapa descrita en la sección anterior, se usó el criterio propuesto por Bai y Ng (2002). Los autores resuelven el problema de optimización a través de la minimización de la sumatoria de los residuales al cuadrado divididos por NT, como se describe en [6]:

$$V(k) = (NT)^{-1} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (X_{it} - \lambda_i^k F_t^k)^2 \quad [6]$$

donde el superíndice k en $\lambda_i^k F_t^k$ denota los k factores considerados. Para hallar el verdadero número de factores, r (con $r < kmax$), Bai and Ng (2002) formularon los siguientes criterios de información:

$$PC(k) = V(k, \hat{\mathbf{F}}^k) + k \cdot g(N, T) \quad [7]$$

⁸ Forni, Hallin, Lippi y Reichlin (2000, 2005) y Stock y Watson (2002) demostraron la consistencia del estimador por componentes principales cuando el número de series N y la dimensión T tienden a infinito. Mientras que Bai y Ng (2002) afirman que las estimaciones son consistentes cuando el $\min\{N, T\}$ es igual o mayor a 40.

$$IC(k) = \ln(V(k, \hat{F}^k)) + k \cdot g(N, T) \quad [8]$$

donde $V(k, \hat{F}^k)$ es la varianza promedio de los residuales cuando se asumen k factores y $g(N, T)$ es la función de penalización. Bai y Ng (2002) sugieren tres funciones de penalización para el número de factor para la estimación por componentes principales:

$$g_1(N, T) = \frac{N + T}{NT} \ln \left(\frac{NT}{N + T} \right) \quad [9]$$

$$g_2(N, T) = \frac{N + T}{NT} \ln(C_{NT}^2) \quad [10]$$

$$g_3(N, T) = \frac{\ln(C_{NT}^2)}{C_{NT}^2} \quad [11]$$

donde $C_{NT} = \min\{\sqrt{N}, \sqrt{T}\}$.

IV. Datos

La base de datos utilizada está compuesta por las series de interés descritas (términos de intercambio, producto, inversión, consumo, balanza comercial, tipo de cambio e inflación) y 129 series macroeconómicas que representan diferentes categorías de la economía colombiana. En paréntesis se denota la cantidad de variables por categoría: actividad económica (23), sector externo (23), tipo de cambio real (5), precios (31), agregados monetarios (16), empleo total nacional (6), sector público no financiero (7), flujos de inversión extranjera en Colombia (12) y tasas de interés (6). El estudio abarcó un panel balanceado compuesto por datos trimestrales comprendidos en el periodo 2001-2016. La elección del periodo estuvo determinada por la disponibilidad de los datos sin cambios metodológicos y porque excluye el punto de ruptura presentado en los años noventa por la apertura económica colombiana. Sin embargo, la razón más importante es porque incluye el auge de los precios de las materias primas presentado en el 2002 y su posterior desaceleración en 2008, que llevó a una desmejora de los términos de intercambio en Colombia.

Antes de realizar las transformaciones de las series se eliminaron los datos atípicos (*outliers*) porque éstos pueden ser considerados como errores (Stock y Watson, 1998), a través del programa TRAMO (Time series Regression with ARIMA noise, Missing values and Outliers), desarrollado por Gómez y Maravall (2001) que estima un modelo ARMA univariante para hallar de forma automática los valores atípicos. El programa toma como base la especificación: $y_{i,t} = \frac{\theta_i(B)}{\phi_i(B)}\varepsilon_{it} + outliers$, donde $\phi_i(B)$ es un polinomio auto-regresivo de orden p_i y $\theta_i(B)$ es un polinomio de medio móvil de orden q_i con el operador de rezagos B ⁹.

El modelo descrito en la sección III explica que la matriz de variables X_t debe ser estacionaria, por lo que previo a la estimación del modelo se aplicó el test de raíces unitarias con intercepto y tendencia utilizando las pruebas sugeridas por Dickey y Fuller (1979) y Phillips y Perron (1988). En el Apéndice B, se encuentra toda la información de las variables de interés y las 129 series utilizadas con su respectiva transformación. Finalmente, las series tras ser convertidas a estacionarias, son estandarizadas para que tengan media igual a cero y varianza igual a uno, siguiendo a Stock y Watson (2011).

Para una descripción más detallada de la metodología empírica aplicada a los datos, se dispone el Apéndice C1.

V. Resultados empíricos

En esta sección se exponen los resultados obtenidos tras la estimación del modelo FAVAR (ecuación [4]) descrito en la sección III y propuesto por Bernanke et al. (2005). En dicha estimación se definen las variables observables Y_t y se extraen los factores no observables F_t , de las 129 series restante. La sección se divide en cuatro subsecciones: la estimación de los factores, las Funciones Impulso-Respuesta, la descomposición de varianza y las pruebas de robustez.

⁹ TRAMO está disponible en el siguiente enlace del Banco de España: http://www.bde.es/bde/es/secciones/servicios/Profesionales/Programas_estadi/Programas_estad_d9fa7f3710fd821.html

1. Estimación de número de factores

Con base en las tres funciones de penalización propuestas por Bai y Ng (2002), se observa que las dos primeras indican la inclusión de cuatro factores, mientras que la tercera explica la utilización de nueve factores. En la tabla 1, se resumen los resultados de los criterios de información.

Tabla 1. Número de factores estimados utilizando los criterios de información de Bai y Ng (2002).

Muestra	Periodo	No. Obs.	IC_1	IC_2	IC_3
Completa	2001Q1-2016Q1	61	4	4	9

Fuente: cálculos propios.

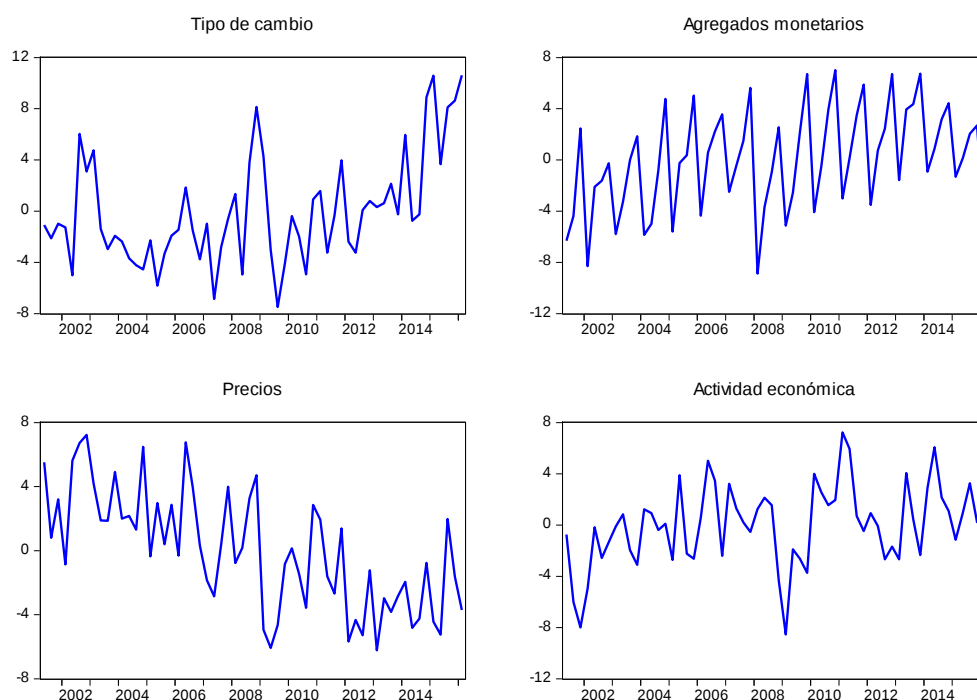
Como se ha descrito, del bloque de variables restantes (129) y por medio del análisis de componente principales, se escoge la primera componente principal que explica aproximadamente el 18% de la proporción de varianza de este conjunto como se indica en la Tabla 2 y se nombra como Factor 1 o tipo cambio real, debido al peso que tiene sobre las series (en el Apéndice C2 se podrá observar los pesos más importantes para cada factor). El siguiente factor explica aproximadamente un 16% de la proporción de varianza y se denomina Factor 2 o agregados monetarios, por su parte el Factor 3 que explica aproximadamente un 13% de la varianza se denomina precios y el Factor 4 que explica aproximadamente un 10% se nombra como actividad económica. Es evidente que los primeros cuatro factores descritos explican casi un 57% de la varianza total y a partir del quinto factor, el aporte de cada uno es menor al 5%, lo que corrobora la escogencia de cuatro factores. En el bloque de la Gráfica 4, se muestra el comportamiento de los cuatro factores estimados por el método de componentes principales.

Tabla 2. Factores hallados por el Análisis por Componentes Principales.

No del factor	Valor	Diferencia	Proporción	Valor acumulativo	Proporción acumulativa
1	18.117920	2.40323	0.1342	18.11792	0.1342
2	15.714690	2.41727	0.1164	33.83262	0.2506
3	13.297420	3.52985	0.0985	47.13004	0.3491
4	9.767571	3.08406	0.0724	56.89761	0.4215
5	6.683512	0.945658	0.0495	63.58112	0.4710
6	5.737855	0.587268	0.0425	69.31898	0.5135
7	5.150586	0.624079	0.0382	74.46956	0.5516

Fuente: elaboración propia.

Gráfica 4. Bloque de factores hallados por el análisis de Componentes Principales.



Fuente: elaboración propia.

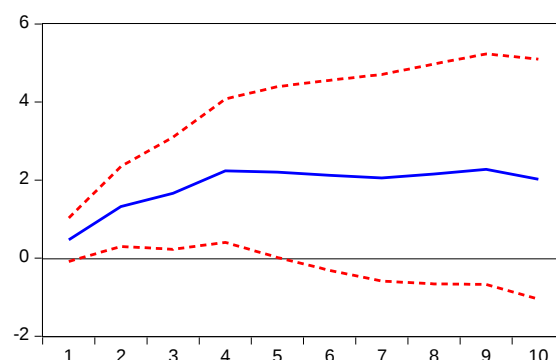
2. Funciones Impulso-Respuesta (FIR)

En la Gráfica 5, en la Gráfica 6 y en la Gráfica 7, se observan algunos de los resultados más interesantes de las Funciones Impulso-Respuesta generalizadas y acumuladas, generadas por un choque positivo en los términos de intercambio (ITI_t) sobre tres series

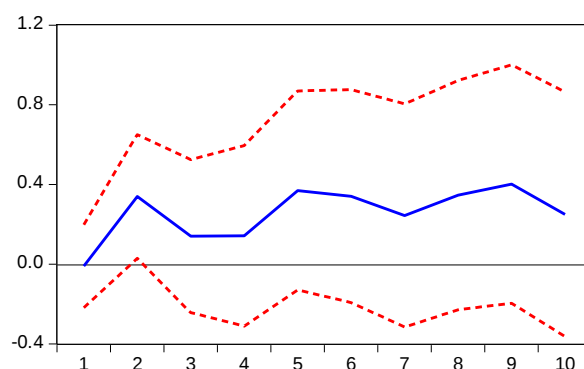
macroeconómicas observables (inversión, I_t ; balanza comercial, BC_t ; y consumo total, C_t) con un intervalo de confianza del 95% y para un periodo de 10 trimestres, empleando la especificación de cuatro factores (tipo de cambio real, agregados monetarios, precios y actividad económica) y tres rezagos, dado que para este valor el modelo es robusto y consistente en la evaluación de los supuestos sobre los residuales (Apéndice C3). Los resultados verifican un efecto positivo y significativo de los términos de intercambio sobre la actividad económica (factor que simula el PIB), la inversión y la balanza comercial, mientras que para el tipo de cambio real (factor que simula el ITCR) se observa un efecto negativo y significativo y para los precios (factor que representa la inflación) y el consumo total no se presentan efectos significativos. Los choques positivos del ITI representan un aumento (disminución) en las variables de interés en una desviación estándar por periodo (choque transitorio).

Gráfica 5. Impulso-Respuesta generalizada y acumulada del factor de actividad económica y la inversión ante un choque del índice de términos de intercambio.

Respuesta acumulada del factor Actividad económica (PIB) ante una innovación del ITI



Respuesta acumulada de la Inversión ante una innovación del ITI

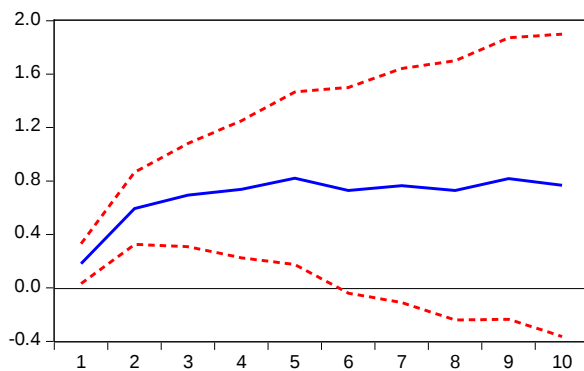


Fuentes: elaboración propia.

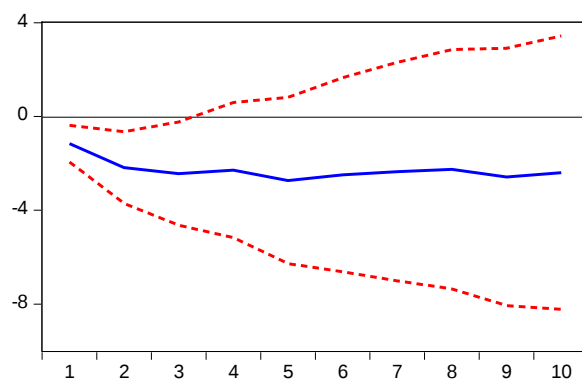
En general, se observan respuestas coherentes y comprensibles con base en la teoría económica, pero distantes a los resultados obtenidos por otros autores, en cuanto al tamaño del impacto. Para el caso de la actividad económica, los resultados permiten inferir que un choque positivo del ITI empieza a ser significativo a partir del primer trimestre y tiene una duración total de cuatro periodos. Si dicha innovación se da sobre los precios de las exportaciones en mayor proporción, se observa que el incremento de la producción se genera a través de una mejora en los ingresos de los exportadores, lo que permite inferir que son transitorios y no permanentes, como lo ha explicado Parra (2008). Mientras que para la inversión, se determina que la respuesta es significativa en el segundo trimestre, pero el efecto del choque tiene una corta duración, únicamente de un trimestre. Lo anterior se puede explicar a través de que el choque positivo de los términos de intercambio afecta de forma directa y positiva a la producción del país por medio de la balanza comercial, lo que produce incrementos en el ingreso y esto a su vez sobre la inversión en un periodo posterior. Es decir, la inversión recoge el efecto de los términos de intercambio a partir de las variaciones generadas sobre el nivel de producción o ingreso.

Gráfica 6. Impulso-Respuesta generalizada y acumulada del factor tipo de cambio real (ITCR) y la balanza comercial ante un choque del índice de los términos de intercambio.

Respuesta acumulada de la Balanza comercial ante una innovación del ITI



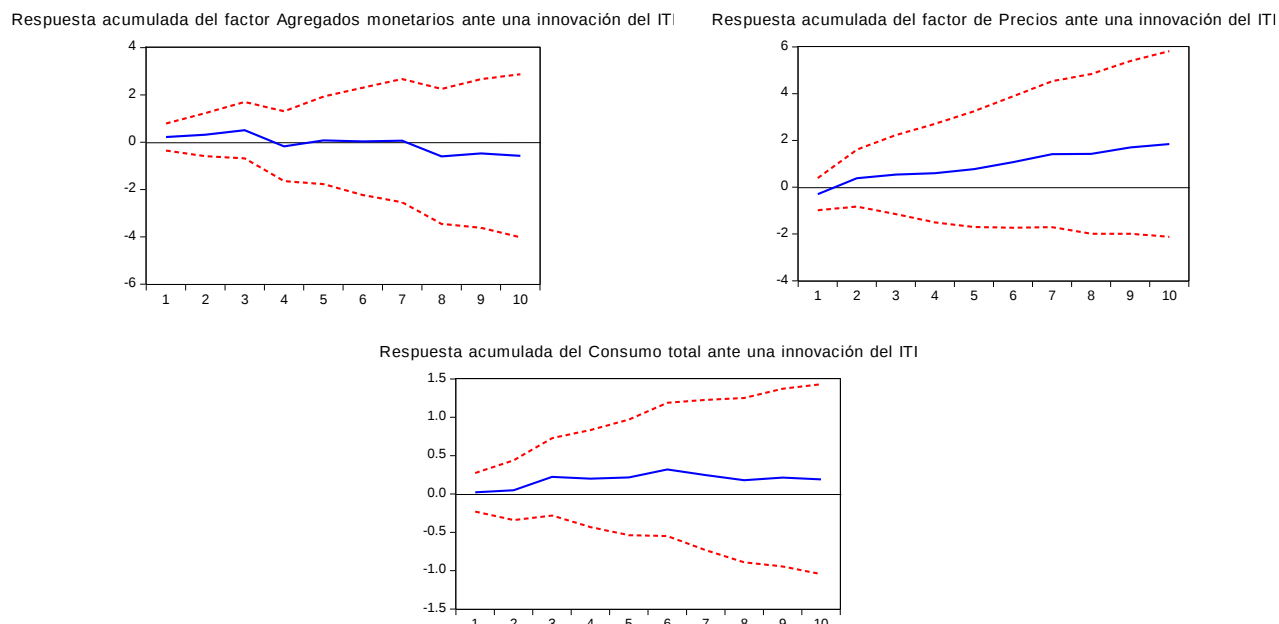
Respuesta acumulada del factor Tipo de cambio ante una innovación del ITI



Fuente: elaboración propia.

Por su parte, la balanza comercial al depender de la relación de los precios de las exportaciones e importaciones, presenta un efecto significativo y positivo ante la innovación, que dura aproximadamente cinco trimestres desde el primer momento del choque. Este efecto se genera, porque el choque positivo de los términos de intercambio incentiva al incremento de la producción nacional de bienes exportados. Por otro lado, al observar el tipo de cambio real se encuentra que éste presenta una respuesta inversa y prolongada (tres trimestres, aproximadamente), lo que se traduce en una apreciación de la moneda nacional frente al dólar, por la fuerte entrada de divisas extranjeras al país.

Gráfica 7. Impulso-Respuesta generalizada y acumulada del factor agregados monetarios, del factor precios (inflación) y del consumo total ante un choque del índice de los términos de intercambio.



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, al analizar los factores restantes, agregados monetarios y precios, y la serie del consumo total se puede concluir que un choque de los términos de intercambio no genera efectos significativos sobre dichas variables. Esto último concuerda con Parra (2008) quien encontró que los efectos del choque de los TI en la década del 2000, generaron una apreciación de la moneda nacional dada la revaluación del dólar que duró hasta el 2008 y tras analizar el consumo infirió que las innovaciones de los TI no alteraron los niveles de precios agregados. Es decir que ante el aumento de los precios del petróleo en el periodo 2003-2014 y dada la fuerte apreciación del peso, esto no derivó en un proceso inflacionario, por lo tanto es importante resaltar que la inflación no obedece a choques externos al igual que la masa monetaria.

En general, los resultados dan a conocer que efectivamente existe un efecto significativo de los términos de intercambio sobre un conjunto de variables macroeconómicas, que resumen en buena medida el comportamiento de la actividad económica de forma consistente y de acuerdo a lo esperado.

3. Descomposición de varianza

La descomposición de varianza del error representa la proporción de movimientos de una serie (en este caso de la actividad económica), dado a sus innovaciones propias versus las de las otras variables del modelo. Es decir, esta metodología logra capturar los distintos componentes que permitan aislar el porcentaje de variabilidad de cada una de las variables que es generado por la innovación, lo que facilita identificar la dependencia relativa que tiene cada variable sobre el resto. Se utiliza el método de ortogonalización de Cholesky¹⁰ para ortogonalizar los residuos del FAVAR.

La descomposición de Cholesky implica un ordenamiento de las variables en función de su grado de endogeneidad contemporánea, por tanto se organizan de la más endógena a la más exógena de la siguiente forma: factor de actividad económica, consumo total, inversión, factor de precios, factor de agregados monetarios, balanza comercial, factor de tipo de cambio real e índice de los términos de intercambio. Este ordenamiento supone que el factor de actividad económica es la última variable que reacciona ante los cambios en los términos de intercambio, seguido por el consumo, la inversión, el factor de precios, el factor de agregados monetarios y las variables más externas como la balanza comercial y el factor de tipo de cambio real que recogen información sobre las variaciones de los precios y las cantidad de bienes y servicios exportados e importados.

Para un horizonte de finito de 20 trimestres, se encuentra un conjunto de resultados interesantes ante los choques transitorios de los términos de intercambio sobre las variables analizadas. En la Tabla 3, se observa que el 5% de la variabilidad del factor de actividad económica es explicada por movimientos en los términos de intercambio. Del mismo modo, el consumo y el factor de agregados monetarios, presentan una variabilidad del 5%. Por otra parte, es evidente que la variabilidad de la balanza comercial, el factor de precios y el factor de tipo de cambio real son del 6%, 4% y el 1%, respectivamente. Finalmente, se

¹⁰ Para un análisis más detallado ver: Lütkepohl (2006, p. 174-181).

observa que el 8% de la variabilidad de la inversión es explicada por las variaciones de los términos de intercambio.

Tabla 3. Descomposición de la varianza de las variables de interés seleccionadas.

Variables	Porcentaje de la varianza explicada por los términos de intercambio
Actividad económica (PIB)	5.00
Consumo total	5.00
Agregados monetarios	5.00
Balanza comercial	6.00
Precios (inflación)	4.00
Tipo de cambio real	1.00
Inversión	8.00

Fuente: elaboración propia.

Sin duda la variable que se ve más afecta por un choque de los términos de intercambio es la inversión que representa una cuarta parte del PIB. Para autores como Castillo y Salas (2010) y Mendoza (1995), la mejora de los términos de intercambio induce un incremento en la inversión, especialmente en el sector exportador de materias primas, porque la rentabilidad marginal es una función de los precios esperados de las exportaciones. También, es evidente que los resultados no concuerdan con los obtenidos por otros autores en otros países como Castillo y Salas (2010) que afirmaron que los choques de los TI explican aproximadamente el 90% de las fluctuaciones del producto, la inversión y el consumo en un horizonte de 10 años para la economía peruana. Mientras que Hernández (2013) concluyó que las oscilaciones de la producción colombiana son explicadas entre un 27% y un 30% por los términos de intercambio. Finalmente, Arteaga, Granados y Joya (2013) determinaron que una mejora de los términos de intercambio, produce una caída del 50% en el tipo de cambio real. Aunque nuestros resultados coinciden con otros estudios en la dirección de los efectos de los TI en las variables, el tamaño del efecto es menor.

Para autores como Hernández (2013), Schmitt-Grohe y Uribe (2015) y Broda (2004) existen variaciones significativas en el tamaño del efecto de un choque de los términos de intercambio sobre los diferentes agregados económicos, principalmente por la metodología aplicada. Los modelos basados en simulaciones, como el desarrollado por Mendoza (1995),

indican que los choques de los TI tienen fuertes efectos sobre la actividad económica de los países estudiados, mientras que los modelos de autoregresión vectorial (VAR) precisan efectos idénticos pero en una menor cuantía. Se argumenta que dicha desconexión entre ambas metodologías se produce por la poca disposición de datos o la poca cantidad de rezagos usados en los modelos empíricos, es decir que el modelo sufre un sesgo de truncamiento por rezagos (Chari, Kehoe y McGrattan, 2008). Por tanto, se decidió por el uso de los modelos FAVAR como alternativa a las metodologías aplicadas, principalmente por la gran cantidad de series que se pueden utilizar y porque eliminan las limitaciones de información de los modelos VAR que han sido de gran uso en estos estudios.

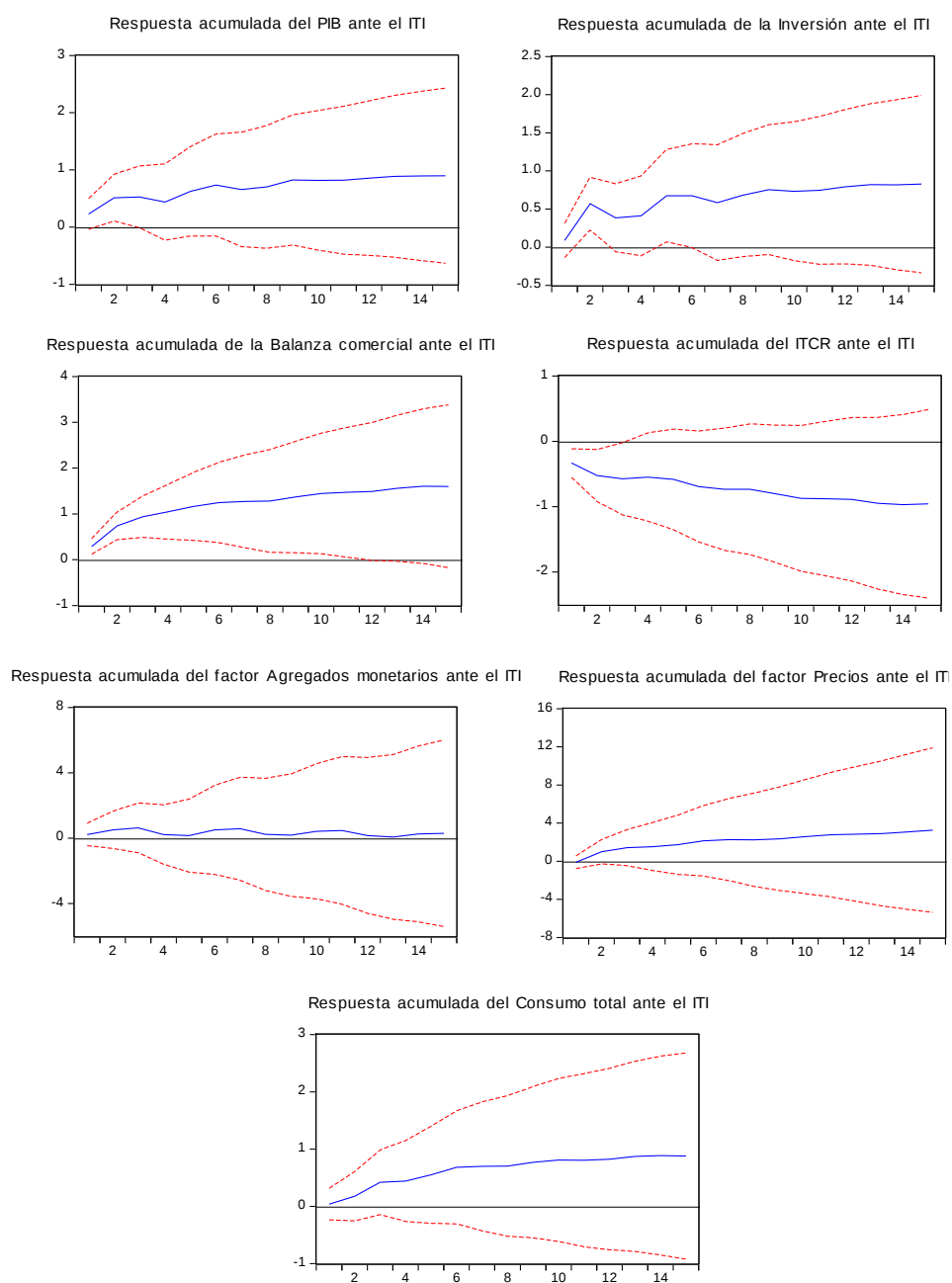
4. Pruebas de robustez

En la siguiente prueba de robustez se reemplazaron los factores de actividad económica y tipo de cambio real por el PIB (medido en billones de pesos a precios constantes del año 2005) y el índice de tipo de cambio real medido para 18 países miembros del FMI, respectivamente. La estimación de las FIR se evidencia en la Gráfica 8 y permite inferir que un choque positivo del ITI tiene un efecto positivo y significativo sobre el PIB, pero su duración es menor con respecto al factor de actividad económica. Mientras que para la inversión se observan dos efectos significativos y positivos, uno en el segundo trimestre y otro en el quinto trimestre, ambos de corta duración. La balanza comercial responde de forma positiva y significativa con mayor duración que en el modelo previo y el ITCR, se comporta igual que el factor de tipo de cambio real estimado, pero su respuesta es menos prolongada. Por último, el factor agregados monetarios, el factor precios y la variable de consumo total no tienen alteraciones significativas ante un choque del ITI, como se evidenció en los resultados anteriores. En resumen, las FIR estimadas tras reemplazar los factores de actividad económica y tipo de cambio real por las series correspondiente, se puede inferir que no existen diferencias significativas frente al modelo principal descrito.

Por otro lado, al aplicar la descomposición de varianza se determina que los términos de intercambio explican la variabilidad del PIB en un 6%, de la inversión en un 9%, de la balanza comercial en un 10%, del ITCR en un 2%, del factor agregados monetarios en un 5%, del

factor precios en un 5% y del consumo total en un 4%. Se presentan pequeños incrementos, con respecto a la estimación del modelo de cuatro factores, principalmente en la balanza comercial, pero es evidente que dichos incrementos no son tan grandes.

Gráfica 8. Impulso-Respuesta generalizada y acumulada del PIB, la inversión, la balanza comercial, ITCR, agregados monetarios, precios y consumo total.



Fuente: elaboración propia.

Como una segunda prueba de robustez se estiman las funciones Impulso-Respuesta a través de la descomposición de Cholesky. Este método requiere construir un conjunto de innovaciones ortogonales que dependen del ordenamiento del VAR, es decir de la más endógena a la más exógena como (factor de actividad económica, consumo total, inversión, factor de precios, factor de agregados monetarios, balanza comercial, factor de tipo de cambio real e índice de los términos de intercambio) como se describió anteriormente. En el Apéndice C4 se presenta la evidencia gráfica de las funciones Impulso-Respuesta de las variables macroeconómicas empleadas, las cuales no presentan efectos distintos a los descritos previamente.

Finalmente y con el fin de aislar los efectos de los precios de las exportaciones, las importaciones y el petróleo, se estiman como tercera prueba de robustez las funciones Impulso-Respuesta acumuladas y generalizadas a partir de los impulsos positivos generados por los índices de los precios de exportaciones (IPE) e importaciones (IPI) y los precios del petróleo (PP) sobre las variables de interés (los resultados se describen en el Apéndice C5 y en el Apéndice C6, respectivamente). Un choque positivo del IPE, genera efectos positivos y significativos sobre el factor actividad económica, la inversión, la balanza comercial y un efecto negativo y significativo sobre el factor tipo de cambio. Además, se evidencia en la descomposición de varianza (Tabla C5.1) que la inversión es la variable que presenta una mayor variación (6%) ante el choque de ITI. Por su parte, un choque positivo del IPI genera efectos positivos y significativos sobre el factor actividad económica, la inversión, el factor tipo de cambio y el factor precios. Mientras que se presentan efectos negativos y significativos sobre la balanza comercial. En cuanto a la descomposición de varianza (Tabla C5.2) se infiere que los precios son los que presentan un mayor efecto (7%), seguidos por la inversión (5%). Los choques positivos generados por los precios del petróleo (bien de mayor exportación y dinámica en Colombia durante el periodo de estudio), generan efectos positivos y significativos sobre la inversión y la balanza comercial y efectos negativos y significativos sobre el factor tipo de cambio y el factor precios. Por medio del análisis de descomposición de varianza (Tabla C6.1) se halla que el choque positivo de los términos de intercambio tiene una fuerte influencia sobre la variabilidad de la inversión (8%). Cabe la pena resaltar que los resultados son similares a los hallados a través del modelo principal y se infiere que el IPE

genera efectos parecidos al ITI en cuanto a signo y duración¹¹. La diferencia significativa radica que los precios del petróleo no tienen una incidencia significativa sobre el factor de Actividad económica, pero sobre la inversión si se observa un resultado común en duración en todos los modelos estimados.

VI. Conclusiones

La presente investigación tiene como objetivo analizar la incidencia de los choques de los términos de intercambio sobre la economía colombiana, la cual concentra gran parte de sus exportaciones en materia primas. Se tomó como base el hecho que los estudios previos no analizaron la persistencia y la influencia de los choques exógenos producidos por las variaciones de los precios de bienes exportados e importados sobre los diferentes agregados que componen la economía. Por lo tanto, se hizo uso de un gran número de series trimestrales para el periodo 2001-2016, con el fin de abarcar gran parte de los diferentes sectores económicos de Colombia y con esto aprovechar las ventajas que ofrece la metodología FAVAR, para explicar de forma más detallada la transmisión de estas innovaciones a la economía.

Los resultados encontrados permiten evidenciar que los choques de los términos de intercambio tienen una cierta incidencia sobre la actividad económica colombiana y a pesar de la divergencia en los resultados con otros autores, el aspecto más importante es que la estimación explica que los choques positivos de los términos de intercambio generan un efecto significativo sobre la actividad económica, la inversión, el tipo de cambio real y la balanza comercial. Es pertinente tener en cuenta que las características de los productos exportados y el nivel de apertura de la economía juegan un papel importante en la determinación del impacto, pero para el caso de Colombia, es posible afirmar que los términos de intercambio influyen de forma relevante sobre los agregados económicos descritos, especialmente sobre la inversión. La implementación de un modelo FAVAR garantiza el análisis de Funciones Impulso-Respuesta de las series macroeconómicas de

¹¹ Para Jenkins (2011) y Sierra (2015) el incremento del precio de las exportaciones y la caída del precio de las importaciones durante la primera década del 2000, marcó la dinámica de los términos de intercambio.

interés, lo que facilitó observar que un choque positivo produce un auge de cuatro periodos sobre la actividad económica, una apreciación de tres periodos sobre el tipo de cambio real y un auge de seis periodos sobre la balanza comercial. Mientras que sobre la inversión se presenta un incremento que dura menos de un trimestre. Además, los efectos hallados concuerdan con los esperados, dado el cálculo de las correlaciones entre los TI y las variables de interés. Por otro lado y a través del análisis de descomposición de varianza, existe evidencia que sugiere que para los 20 periodos posteriores al choque de los términos de intercambio, éstos explican la variabilidad de la inversión en un 8%, de la balanza comercial en un 6%, de la actividad económica, del consumo total y de los agregados monetarios en un 5%. Mientras que la variabilidad de los precios y del tipo de cambio real son explicados por los términos de intercambio en un 4% y en un 1%, respectivamente.

A pesar de la importancia de los términos de intercambio sobre la economía colombiana, se podría afirmar que los efectos no son tan significativos dado el poco nivel de apertura que presenta la economía o producto a la presencia de una rigidez nominal que introduce una barrera entre los precios domésticos y mundiales. Sin embargo, sería conveniente observar la influencia que presentan los precios por separado de los cuatro productos mayormente exportados sobre la actividad económica, para determinar el impacto y la influencia que éstos ejercen sobre la economía. Esto quedará pendiente para investigaciones futuras.

Para finalizar, es factible indicar que los efectos producidos por los términos de intercambio podrían ser tratados por medio de políticas que incentiven la diversificación de exportaciones y las operaciones de cobertura en los mercados internacionales de productos básicos. Además, sería necesario facilitar la inversión extranjera, para alcanzar mejores niveles de innovación en el sector productor.

Referencias:

- Ahmed, S. (2003). Sources of economic fluctuations in Latin America and implications for choice of exchange rate regimes. *Journal of Development Economics*, 72(1), 181-202.
- Andrews, D., & Rees, D. (2009). Macroeconomic volatility and terms of trade shocks. *Research Discussion Paper*. Reserve Bank of Australia (RBA).
- Arteaga, C., Granados, J., & Joya, J. O. (2013). El comportamiento del tipo de cambio real en Colombia: ¿explicado por sus fundamentales? *Ensayos sobre Política Económica*, 31(72), 1-17.
- Bai, J., & Ng, S. (2002). Determining the number of factors in approximate factor models. *Econometrica*, 70(1), 191-221.
- Balassa, B. (1983). Policy responses to external shocks in sub-Saharan African countries. *Journal of Policy Modeling*, 5(1), 75-105.
- Banco Mundial. (2000). Securing our future in a global Economy. *Banco Mundial*. Washington D.C.
- Banco de la República. (2013). *Índice de términos de intercambio*. Bogotá: Colombia. Recuperado de: <http://www.banrep.gov.co/es/indice-terminos-intercambio>.
- Banco de la República. (2013). *Índice de términos de intercambio*. Bogotá: Colombia. Recuperado de: <http://www.banrep.gov.co/es/itcr>
- Ben-Zeev, N., Pappa, E., & Vicondoa, A. (2016). Emerging Economies Business Cycles: The Role of the Terms of Trade Revisited. *Ben-Gurion University of the Negev*, (1610).
- Bernanke, B. S., Boivin, J., & Elias, P. (2005). Measuring the effects of monetary policy: a factor-augmented vector autoregressive (FAVAR) approach. *The Quarterly Journal of Economics*, 120(1), 387-422.
- Blattman, C., Hwang, J., & Williamson, J. (2004). The impact of Terms of Trade on Economic Development in the Periphery, 1870-1939: Volatility and Secular, *The National Bureau of Economic Research*, (w10600), 1- 47.
- Broda, C. (2004). Terms of trade and exchange rate regimes in developing countries. *Journal of International economics*, 63(1), 31-58.

- Cano, G., Vallejo, C., Caicedo, E., Amador, J., & Tique, E. (2012). El mercado mundial del café y su impacto en Colombia. *Banco de la República*, (710), 1-57.
- Castillo, P., & Salas, J. (2010). *Los términos de intercambio como impulsores de fluctuaciones económicas en economías en desarrollo: Estudio empírico*. México DF: México. Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos.
- Chari, V. V., Kehoe, P. J., & McGrattan, E. R. (2008). Are structural VARs with longrun restrictions useful in developing business cycle theory?. *Journal of Monetary Economics*, 55(8), 1337-1352.
- Charnavoki, V., & Dolado, J. J. (2014). The effects of global shocks on small commodity-exporting economies: lessons from Canada. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 6(2), 207-237.
- Córdoba, R. (2014). *Informe nacional de competitividad 2014-2015*. Bogotá: Colombia. Consejo Privado de Competitividad.
- Deaton, A., & Miller, R. I. (1996). International commodity prices, macroeconomic performance, and politics in Sub-Saharan Africa. *International Finance Section. Department of Economics Princeton University*, (79), 1- 106.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a), 427-431.
- Fernández, A., González, A., & Rodríguez, D. (2015). Sharing a Ride on the Commodities Roller Coaster: Common Factors in Business Cycles of Emerging Economies. *Banco de la República*, (014054).
- Forni, M., Hallin, M., Lippi, M., & Reichlin, L. (2000). The generalized dynamic-factor model: Identification and estimation. *The review of Economics and Statistics*, 82(4), 540-554.
- Forni, M., Hallin, M., Lippi, M., & Reichlin, L. (2005). The generalized dynamic factor model: one-sided estimation and forecasting. *Journal of the American Statistical Association*, 100(471), 830-840.
- Garavito, A., Huertas, C., López, D., Parra J., & Ramos, M. (2011). Construcción de términos de intercambio para Colombia. *Borradores de Economía. Banco de la República*, (639).

- Garavito, A., López, D. C., & Montes, E. (2014). Índices de valor unitario y quantum del comercio exterior colombiano. *Lecturas de Economía*, (80), 9-47.
- Geweke, J. (1976). The dynamic factor analysis of economic time series models. *University of Wisconsin*, 22(1), 37-54.
- Gómez, V., & Maravall, A. (2001). Seasonal adjustment and signal extraction in economic time series. *A course in time series analysis*, 202-246.
- Gómez, V., & Maravall, A. (2001). *Seasonal adjustment and signal extraction in economic time series*. Madrid: España. Banco de España.
- Hernández, G. (2013). Colombia: Términos de intercambio y fluctuaciones de la producción. *Revista CEPAL*, (110), 109-131.
- Hoffmaister, A. W., Roldós, J. E., & Wickham, P. (1998). Macroeconomic fluctuations in sub-Saharan Africa. *IMF Economic Review*, 45(1), 132-160.
- Izquierdo, A., Romero, R., & Talvi, E. (2008). Booms and busts in Latin America: the role of external factors. *Banco Interamericano de Desarrollo*, (631), 1- 31.
- Jääskelä, J., & Smith, P. (2013). Terms of Trade Shocks: What are They and What Do They Do? *Economic Record*, 89(285), 145-159.
- Jenkins, R. O. (2011). The "China effect" on commodity prices and Latin American export earnings. *Cepal Review*, (103), 73- 87.
- Karagedikli, O., & Price, G. (2012). Identifying terms of trade shocks and their transmission to the New Zealand economy. *In New Zealand association of economists conference. New Zealand Association of Economists*, 1- 25.
- Kose, M. A., & Riezman, R. (2001). Trade shocks and macroeconomic fluctuations in Africa. *Journal of development Economics*, 65(1), 55-80.
- Leeper, E. M., Sims, C. A., Zha, T., Hall, R. E., & Bernanke, B. S. (1996). What does monetary policy do?. *Brookings papers on economic activity*, 1996(2), 1-78.
- Londoño, A. F., Tamayo, J. A., & Velásquez, C. A. (2012). Dinámica de la política monetaria e inflación objetivo en Colombia: una aproximación FAVAR. *Ensayos sobre Política Económica*, 30(68), 12-71.
- Lütkepohl, H. (2006). *Structural vector autoregressive analysis for cointegrated variables*. In Modern Econometric Analysis. Heidelberg: Alemania. Olaf Hubler.

- Mendoza, E. G. (1995). The terms of trade, the real exchange rate, and economic fluctuations. *International Economic Review*, 36(1), 101-137.
- Misas, M. & Ripoll, M. (1993). El ahorro privado y los términos de intercambio: el caso colombiano. *Ensayos sobre política económica*. Banco de la República, (23), 37-54.
- Ortiz, C. H. (2016). *Diversificación productiva y crecimiento económico*. Cali, Colombia: Programa Editorial, Universidad del Valle.
- Parra, J. C. (2008). Hechos Estilizados de la Economía Colombiana: Fundamentos Empíricos para la Construcción y Evaluación de un Modelo DSGE. *Borradores de Economía*. Banco de la República, (509), 1-47.
- Peña, C. (2008). Choques petroleros, incertidumbre e inversión privada. Venezuela, 1968-2007. *Perfil de Coyuntura Económica*, (11), 51-74.
- Peña, C. (2015). Desempleo, inversión y términos de intercambio. Venezuela 1970-2012. *Perfil de Coyuntura Económica*, (25), 141-163.
- Pesaran, H. H., & Shin, Y. (1998). Generalized impulse response analysis in linear multivariate models. *Economics letters*, 58(1), 17-29.
- Phillips, P. C., & Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Poncela, P., Senra, E., Sierra, L. P. (2006). Long-term links between raw materials prices, real exchange relative de-industrialization in a commodity-dependent economy: empirical evidence of “Dutch disease” in Colombia. *Empirical Economics*, 1-22.
- Roberts, M. J., & Schlenker, W. (2013). Identifying supply and demand elasticities of agricultural commodities: Implications for the US ethanol mandate. *The American Economic Review*, 103(6), 2265-2295.
- Schmitt-Grohé, S., & Uribe, M. (2015). How Important Are Terms Of Trade Shocks? *National Bureau of Economic Research*, (w21253), 1-37.
- Sierra, L. P. (2015). ¿Qué tanto afecta Asia a Latinoamérica?: El canal de las materias primas. En de Miranda, M. & Peláez, J. T. (Ed.), *Las relaciones económicas entre América Latina y Asia. Hacia la construcción de una nueva inserción internacional* (pp. 59-90). Cali: Sello Editorial Javeriana.
- Sinnott, E., Nash, J., & De la Torre, A. (2010). *Natural resources in Latin America and the Caribbean: beyond booms and busts?* World Bank Publications.

- Spatafora, N., & Warner, A. M. (1999). Macroeconomic and sectorial effects of terms-of-trade shocks: the experience of the oil-exporting developing countries. Washington: Estados Unidos. IMF.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2002). Macroeconomic forecasting using diffusion indexes. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(2), 147-162.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2005). Implications of dynamic factor models for VAR analysis. *National Bureau of Economic Research*, 11467, 1-67.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2011). Dynamic factor models. *Oxford handbook of economic for recasting*, 1, 35-59.
- Toro, J., Garavito, A., López, D. C., & Montes, E. (2015). El choque petrolero y sus implicaciones en la economía colombiana. *Borradores de Economía*, (906), 1-65.
- Vargas, H. (2015). Choques macroeconómicos y retos de la política monetaria 2014-2015. Serie: Discursos y presentaciones, *Banco de la República*. 1-20.
- The World Bank Grupo. (2016). *World Development Indicators: Exports of goods and services (% of GDP)*. Recuperado de:
http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?Code=NE.EXP.GNFS.ZS&id=af3ce82b&report_name=Popular_indicators&populartype=series&ispopular=y

Apéndices

Apéndice A

Garavito et al. (2011) utilizan varias metodologías para la construcción del índice de los términos de intercambio para Colombia, con el fin de adquirir información sobre el cambio en el poder de compra de las exportaciones en comparación con las importaciones dado un periodo base, a partir de los precios. De forma específica, la relación de los TI se halla a través de la razón entre el índice de precios exportados y el índice de precios importados, como se presenta en la ecuación [A1].

$$ITI_t = \left(\frac{P_{xt}}{P_{mt}} \right) \cdot 100 \quad [A1]$$

Donde P_{xt} representa el precio de las exportaciones y P_{mt} es el precio de las importaciones. Una mejora (disminución) del ITI_t durante un cambio de periodo, explica que el aumento de los precios de las exportaciones fue mayor (inferior) que el incremento en los precios de las importaciones.

Los autores expresan la necesidad de definir tres periodos para una mejor comprensión de la construcción del índice: periodo canasta, periodo de ponderaciones y periodo base de referencia¹². A partir de esto, se establecen los métodos para determinar los índices de precios de exportaciones e importaciones, para un periodo T , en una economía constituida por n productos. En la ecuación [A2], se aplica el índice de Laspeyres, método que logra medir el cambio promedio de los precios entre un período referencia y un período evaluado (t). Donde p_o^i representa los precios de los productos exportados o importados y q_o^i son las cantidades producidas del bien i .

$$P_t^L = \sum_{i=1}^n \left(\alpha_o^i \frac{P_t^i}{P_o^i} \right) \quad [A2]$$

donde $\alpha_o^i = \frac{P_o^i q_o^i}{\sum_{i=1}^n P_o^i q_o^i}$ es la ponderación del periodo base.

¹²Véanse: Garavito, Huertas, López, Parra y Ramos (2011, p.3).

Las limitaciones de este índice son que a medida que pasa el tiempo, la ponderación del periodo base pierde representatividad por los cambios en la importancia relativa de los bienes de una economía y que para determinar las variaciones presentes entre periodos, no se toma en cuenta el efecto del cambio en la estructura de la economía.

Por otro lado, es posible aplicar el índice de Paasche, ecuación [A3], que mide el cambio promedio de los precios a través de las ponderaciones del último período observado (t).

$$P_t^P = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\alpha_t^i \frac{p_0^i}{p_t^i} \right)} \quad [A3]$$

donde $\alpha_t^i = \frac{p_t^i q_t^i}{\sum_{i=1}^n p_t^i q_t^i}$ es la ponderación móvil, que garantiza la no perdida de representatividad en el tiempo. Sin embargo, mantiene el segundo problema presente en el índice de Laspeyres.

El índice de Fisher (ecuación [A4]), que se calcula a través de la media geométrica de los índices de Laspeyres y de Paasche, ofrece la ventaja de las ponderaciones variables y permite tomar el efecto del cambio en la estructura de la economía.

$$P_t^F = \sqrt{P_t^L \cdot P_t^P} \quad [A4]$$

Finalmente, Garavito et al. (2011) definen los índices encadenados (ecuación [A5]), como herramienta para calcular la variación acumulada y obtener una mayor la información del período de estudio y los cambios frecuentes en la estructura económica. Este índice se obtiene a partir de la estimación de los índices de Laspeyres, Paasche y Fisher (índices bilaterales) y el cambio acumulado, que se mide a través de la multiplicación de esas variaciones.

$$P_t^E = \sqrt{P_{t-1}^E} \cdot f(q_{t-1}, q_t, p_{t-1}, p_t) \quad [A5]$$

Se define $f(q_{t-1}, q_t, p_{t-1}, p_t)$ como:

$$f(q_{t-1}, q_t, p_{t-1}, p_t) = \begin{cases} P_{t/t-1}^L = \sum_i^n \left(\alpha_{t-1}^i \frac{p_t^i}{p_{t-1}^i} \right) \text{ si } P_t^E \text{ es Laspeyres} \\ P_{t/t-1}^P = \frac{1}{\sum_i^n \left(\alpha_t^i \frac{p_{t-1}^i}{p_t^i} \right)} \text{ si } P_t^E \text{ es Paasche} \\ P_{t/t-1}^F = \sqrt{P_{t/t-1}^L \cdot P_{t/t-1}^P} \text{ si } P_t^E \text{ es Fisher} \end{cases}$$

Las ventajas de esta metodología son que las ponderaciones se actualizan cada periodo, se logra un tratamiento simétrico entre periodos y la entrada y salida de productos no genera pérdidas de comparabilidad. A pesar de estas virtudes, el de índice presenta diferencias cuando los precios y cantidades fluctúan de forma que las cantidades y los precios relativos retornan unos periodos más tarde a los valores que tienen unos periodos atrás, por tanto se recomienda no utilizar frecuencias muy altas.

Apéndice B

Las series fueron tomadas del Banco de la República (BR), del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MH) y del Fondo Monetario Internacional (FMI). Las transformaciones de cada serie se denota de la siguiente forma: 1 – No transformación; 2 – Logaritmo; 3 – Primera diferencia; 4 – Primera diferencia del logaritmo.

Tabla B1. Descripción de las variables de interés

No.	Variable	Fuente	Trans.
1	Índice de términos de intercambio	BR	4
2	PIB	DANE	4
3	Consumo total	DANE	4
4	Formación bruta de capital fija (Inversión)	DANE	4
5	Balanza comercial (miles de millones de pesos)	BR	4
6	Tipo de cambio respecto a 18 países miembros del FMI	BR	4
7	Inflación total	BR	4

Fuente: elaboración propia.

Tabla B2. Descripción de las 129 series utilizadas.

No.	Variable	Fuente	Trans.
Actividad económica a precios constantes (miles de millones de pesos)			
1	Crecimiento del PIB	DANE	1
2	Índice de producción real de la industria manufacturera	DANE	4
3	Producción de bienes de la industria: cemento gris (toneladas)	DANE	4
4	Producción de bienes de la industria: vehículos ensamblados (cantidad)	DANE	4
5	Producción de bienes de la industria: azúcar (toneladas)	DANE	2
6	Consumo final Gobierno	DANE	2
7	Consumo final de hogares	DANE	2
8	Consumo de bienes durables (variación porcentual)	DANE	1
9	Consumo de bienes no durables (variación porcentual)	DANE	1
10	Consumo de bienes semidurables (variación porcentual)	DANE	1
11	Consumo de servicios (variación porcentual)	DANE	1
12	Demanda final interna	DANE	4
13	Formación bruta de capital	DANE	4
14	Formación bruta de capital: agropecuario, silvicultura, caza y pesca	DANE	1
15	Formación bruta de capital: construcción y edificios	DANE	1
16	Formación bruta de capital: equipo de transporte	DANE	1
17	Formación bruta de capital: maquinaria y equipo	DANE	1
18	Formación bruta de capital: obras civiles	DANE	1

No.	Variable	Fuente	Trans.
19	Formación bruta de capital: servicios	DANE	1
20	Variaciones de existencia	DANE	1
21	Deuda interna total	MH	4
22	Deuda interna: desembolsos	MH	4
23	Deuda interna: amortización	MH	2
Sector externo			
24	Deuda externa (millones de pesos)	MH	4
25	Exportaciones totales (miles de millones de pesos)	DANE	4
26	Exportaciones de café (miles de pesos)	DANE	4
27	Exportaciones de café (toneladas métricas)	DANE	4
28	Exportaciones de carbón (miles de pesos)	DANE	4
29	Exportaciones de carbón (toneladas métricas)	DANE	2
30	Exportaciones de níquel (miles de millones de pesos)	DANE	4
31	Exportaciones de níquel (toneladas métricas)	DANE	2
32	Exportaciones de petróleo y derivados (miles de millones de pesos)	DANE	4
33	Exportaciones de petróleo y derivados (toneladas métricas)	DANE	4
34	Exportaciones totales tradicionales (miles de millones de pesos)	DANE	4
35	Exportaciones totales no tradicionales (miles de millones de pesos)	DANE	4
36	Importaciones totales (miles de millones de pesos)	DANE	4
37	Importaciones de bienes intermedios y materias primas: sector agrícola (miles de millones de pesos)	DANE	4
38	Importaciones de bienes intermedios y materias primas: sector industrial (miles de millones de pesos)	DANE	4
39	Importaciones de bienes intermedios y materias primas: combustibles (miles de millones de pesos)	DANE	4
40	Importaciones de bienes de capital: sector agrícola (miles de millones de pesos)	DANE	4
41	Importaciones de bienes de capital: sector industrial (miles de millones de pesos)	DANE	4
42	Importaciones de bienes de capital: equipos de transporte (miles de millones de pesos)	DANE	4
43	Importaciones de bienes de capital: materiales de construcciones (miles de millones de pesos)	DANE	4
44	Importaciones de bienes de consumo: duraderos (miles de millones de pesos)	DANE	4
45	Importaciones de bienes de consumo: no duraderos (miles de millones de pesos)	DANE	4
46	Índice de importaciones de bienes de valor	FMI	4
Tipo de cambio real			
47	Tipo de cambio comercio total: datos comercio exterior	BR	4
48	Tipo de cambio comercio total: datos IPP	BR	4
49	Tipo de cambio no tradicional: datos comercio exterior	BR	4
50	Tipo de cambio no tradicional: datos IPP	BR	4

No.	Variable	Fuente	Trans.
51	Tipo de cambio indicador de competitividad en el mercado de USA	BR	4
Precios			
52	IPC total	DANE	4
53	IPC alimentos	DANE	3
54	IPC comunicaciones	DANE	3
55	IPC diversión	DANE	3
56	IPC vestuarios	DANE	3
57	IPC educación	DANE	4
58	IPC otros gastos	DANE	4
59	IPC salud	DANE	4
60	IPC transporte	DANE	4
61	IPC vivienda	DANE	4
62	IPC variación anual	BR	3
63	IPC bienes regulados	BR	4
64	IPC bienes regulados: variación anual	BR	4
65	IPC bienes transables	BR	4
66	IPC bienes no transables	BR	4
67	IPC bienes no transables: variación anual	BR	4
68	IPP clasificación Coude: bienes de capital	DANE	4
69	IPP clasificación Coude: consumo final	DANE	4
70	IPP clasificación Coude: consumo intermedio	DANE	4
71	IPP clasificación Coude: materiales de construcción	DANE	4
72	IPP oferta interna	DANE	4
73	IPP oferta interna: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	DANE	4
74	IPP oferta interna: industria	DANE	4
75	IPP oferta interna: minería	DANE	4
76	IPP producción nacional	DANE	4
77	IPP producción nacional: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	DANE	4
78	IPP producción nacional: industria	DANE	4
79	IPP producción nacional: minería	DANE	4
80	IPP procedencias: producidos y consumidos	DANE	4
81	IPP procedencias: exportados	DANE	4
82	IPP procedencias: importados	DANE	4
Agregados monetarios (Cifras en miles de millones de pesos)			
83	Base monetaria efectivo	BR	4
84	Base monetaria reserva bancaria	BR	4
85	Base monetaria Total	BR	4
86	Bonos	BR	4
87	Cuentas corrientes sector privado	BR	4
88	Cuentas corrientes sector publico	BR	4

No.	Variable	Fuente	Trans.
89	Cuentas corrientes total	BR	4
90	Cuasidineros: cuentas de ahorro	BR	4
91	Cuasidineros: CDT	BR	2
92	Cuasidineros total	BR	4
93	Depósitos fiduciarios	BR	4
94	Depósitos a la vista	BR	4
95	M1	BR	4
96	M2	BR	4
97	M3	BR	4
98	Depósitos en cuenta corriente+cuasidineros+Bonos+ Depósitos a la vista+Repos+Depósitos fiduciarios+Cédulas: PSE total	BR	4
Empleo total nacional			
99	Desocupados (medido en miles)	DANE	4
100	Inactivos (medido en miles)	DANE	4
101	Ocupados (medidos en miles)	DANE	4
102	Tasa de desempleo	DANE	4
103	Tasa de participación	DANE	4
104	Tasa de ocupación	DANE	4
Sector público no financiero (miles de millones de pesos)			
105	Déficit o superávit	MH	3
106	Financiamiento interno	MH	3
107	Déficit o superávit de las empresas públicas no financieras	MH	1
108	Gastos	MH	4
109	Ingresos	MH	4
110	Intereses	MH	4
111	Financiamiento externo	MH	1
Flujos de inversión extranjera en Colombia (miles de millones de pesos)			
112	Sector petrolero	BR	3
113	Manufacturero	BR	4
114	Flujos de inversión extranjera total	BR	4
115	Agricultura, caza, silvicultura y pesca	BR	1
116	Comercio, restaurantes y hoteles	BR	1
117	Construcción	BR	1
118	Electricidad, gas y agua	BR	1
119	Minas y canteras	BR	1
120	Servicios financieros y empresariales	BR	1
121	Servicios comunales	BR	1
122	Transporte, almacenamiento y comunicaciones	BR	1
123	Subtotal resto de sectores	BR	2
Tasas de interés			
124	Tasa de captación mensual	BR	3

No.	Variable	Fuente	Trans.
125	Tasa de interés externa: prime rate	BR	3
126	Tasa de interés de colocación Banco de la República	BR	1
127	Tasa de interés de colocación total	BR	1
128	Tasa de intervención Banco de la República	BR	1
129	Tasa de interés de colocación sin tesorería	BR	1

Fuente: elaboración propia.

Apéndice C

Apéndice C1

En este apéndice se describe la metodología empírica de forma detallada, a partir de la suposición de que el vector $\mathbf{Y}_t$ contiene dos variables observables (y_{1t} y y_{2t}) y que el vector $\mathbf{F}_t$ está compuesto por dos factores no observables (f_{1t} y f_{2t}), cada uno con un retardo y comprendidos para un $t = 1, 2, \dots T$ periodos, de forma que el sistema de ecuaciones se define como sigue:

$$\begin{aligned} y_{1t} &= \beta_{10} + \beta_{11}y_{1t-1} + \beta_{12}y_{2t-1} + \beta_{13}f_{1t-1} + \beta_{14}f_{2t-1} + v_{1t} \\ y_{2t} &= \beta_{20} + \beta_{21}y_{1t-1} + \beta_{22}y_{2t-1} + \beta_{23}f_{1t-1} + \beta_{24}f_{2t-1} + v_{2t} \\ f_{1t} &= \beta_{30} + \beta_{31}y_{1t-1} + \beta_{32}y_{2t-1} + \beta_{33}f_{1t-1} + \beta_{34}f_{2t-1} + v_{3t} \\ f_{2t} &= \beta_{40} + \beta_{41}y_{1t-1} + \beta_{42}y_{2t-1} + \beta_{43}f_{1t-1} + \beta_{44}f_{2t-1} + v_{4t} \end{aligned} \quad [\text{C1.1}]$$

o, de forma matricial,

$$\begin{bmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \\ f_{1t} \\ f_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{10} \\ \beta_{20} \\ \beta_{30} \\ \beta_{40} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \beta_{23} & \beta_{24} \\ \beta_{31} & \beta_{32} & \beta_{33} & \beta_{34} \\ \beta_{41} & \beta_{42} & \beta_{43} & \beta_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t-1} \\ y_{2t-1} \\ f_{1t-1} \\ f_{2t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{1t} \\ v_{2t} \\ v_{3t} \\ v_{4t} \end{bmatrix} \quad [\text{C1.2}]$$

donde el termino de error v_{it} tiene media cero y una matriz de varianza y covarianzas Q . Por su parte, la ecuación [C1.2], también se puede presentar como un modelo VAR:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{F}_t \\ \mathbf{Y}_t \end{bmatrix} = \boldsymbol{\Phi}(L) \begin{bmatrix} \mathbf{F}_{t-1} \\ \mathbf{Y}_{t-1} \end{bmatrix} + \mathbf{v}_t \quad [\text{C1.3}]$$

donde $\boldsymbol{\Phi}(L)$ es una matriz que representa el polinomio operador de rezagos finito de orden d .

A partir del modelo VAR de forma reducida de la ecuación [C1.3] y para el caso de esta investigación, se establece que el vector $\mathbf{Y}_t$ contiene las siguientes series macroeconómicas observables y de interés: términos de intercambio, producto, inversión, consumo, balanza comercial, tipo de cambio e inflación para un periodo $t = 1, 2, \dots 60$. También, se asume que el vector $\mathbf{F}_t$ de factores no observables tendrá dimensiones de $K \times 1$.

La estimación del modelo VAR (ecuación [C1.3]) se realiza en dos etapas: a) se estima el espacio ocupado por los factores ($\mathbf{F}_t$) que describen la dinámica común de las series, a través del análisis de componentes principales y b) se estima el modelo VAR sobre los factores hallados $\hat{\mathbf{F}}_t$.

Para la primera etapa se utilizan los modelos factoriales dinámicos (Geweke, 1976), para determinar los factores $\mathbf{F}_t$. Por lo tanto se define el siguiente modelo:

$$\mathbf{X}_t = \mathbf{\Lambda} \mathbf{F}_t + \mathbf{e}_t \quad [\text{C1.4}]$$

$$\mathbf{X}_t = \begin{bmatrix} x_{1t} \\ x_{2t} \\ \vdots \\ x_{Nt} \end{bmatrix}_{Nx1}, \mathbf{\Lambda} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \cdots & \lambda_{1K} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \cdots & \lambda_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{N1} & \lambda_{N2} & \cdots & \lambda_{NK} \end{bmatrix}_{NxK}, \mathbf{F}_t = \begin{bmatrix} f_{1t} \\ f_{2t} \\ \vdots \\ f_{Kt} \end{bmatrix}_{Kx1}, \mathbf{e}_t = \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ \vdots \\ e_{Nt} \end{bmatrix}_{Nx1}$$

A partir de la ecuación [C1.4] se establece que el vector $\mathbf{X}_t$ está compuesto por 129 series observables ($N = 129$); $\mathbf{\Lambda}$ es la matriz de cargas de los factores; $\mathbf{F}_t$ representa el vector de factores no observables y $\mathbf{e}_t$ es el vector de error que tiene media cero y se distribuye normal con una matriz de varianzas y covarianzas Σ_{ee} .

El análisis de componentes principales consiste en estimar las puntuaciones factoriales mediante las puntuaciones tipificadas de las primeras k – *componentes* y la matriz de cargas factoriales a través de las correlaciones de las variables originales con dichas componentes, dado que a mayor variabilidad de los datos se considera que existe mayor información.

Con base en lo descrito y a partir de las 129 series macroeconómicas, se hallan los espacios ocupados por los factores y gracias a las funciones de penalización adelantadas por Bai y Ng (2002), se determina un total de cuatro factores estáticos, que dada sus cargas se nombran como: factor 1 tipo cambio real ($\hat{f}_{1t}$), factor 2 agregados monetarios ($\hat{f}_{2t}$), factor 3 inflación ($\hat{f}_{3t}$) y factor 4 actividad económica ($\hat{f}_{4t}$).

En la segunda parte de la estimación, se reemplazan los factores $\hat{\mathbf{F}}_t$, lo que requiere reescribir la ecuación [C1.3] y el vector de variables $\mathbf{Y}_t$ de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{F}}_t \\ \mathbf{Y}_t \end{bmatrix} &= \boldsymbol{\Phi}(\mathbf{L}) \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{F}}_{t-1} \\ \mathbf{Y}_{t-1} \end{bmatrix} + \mathbf{v}_t \\ \mathbf{Y}_t' &= [ITI_t, I_t, C_t, BC_t] \\ \hat{\mathbf{F}}_t' &= [\hat{f}_{1t}, \hat{f}_{2t}, \hat{f}_{2t}, \hat{f}_{4t}] \end{aligned} \quad [\text{C1.5}]$$

Donde $\mathbf{Y}_t$ es un vector de 4×1 , que contiene el índice de los términos de intercambio (ITI_t), la inversión (I_t), el consumo total (C_t) y la balanza comercial (BC_t). Los factores tipo cambio real ($\hat{f}_{1t}$), inflación ($\hat{f}_{3t}$) y actividad económica ($\hat{f}_{4t}$) fueron tomados como *proxy* a las variables ITCR, inflación y el PIB. Sin embargo, como prueba de robustez se reemplazaron los factores por las variables reales correspondientes, para evaluar la validez de los resultados obtenidos tras la estimación de la ecuación [C1.5].

Apéndice C2

La Tabla C2.1 muestra el peso (en porcentaje) de cada factor sobre los diferentes sectores económicos conformados por las 129 series utilizadas. Los factores observables se nombran como sigue: tipo de cambio real (10%), agregados monetarios (21%), precios (25%) y actividad económica (21%), respectivamente. En todos los factores hay un fuerte peso del sector precios, principalmente por el gran número de series que componen este sector, pero el en caso del factor 1, el nombre fue determinado finalmente por la correlación que presenta éste con el sector denominado tipo de cambio, ya que fue equivalente a 0.8. Mientras que para los demás factores se hallaron las siguiente correlaciones: correlación positiva de 0.7 entre el factor 2 y la variable M1; correlación positiva de 0.5 entre el factor 3 y las variables precios (IPC e IPP); 0.5 entre el factor 4 y las variables de la actividad económica (consumo y crecimiento del PIB).

Tabla C2.1. Sectores económicos que son explicados en mayor medida por cada componente principal estimada.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Actividad económica a precios constantes (miles de millones de pesos)	12,40%	14,59%	13,92%	21,03%
Sector externo	26,08%	13,97%	12,61%	20,76%
Tipo de cambio	10,24%	2,69%	5,52%	0,51%
Precios	29,80%	23,41%	24,59%	27,89%
Agregados monetarios (Cifras en miles de millones de pesos)	6,51%	20,98%	16,66%	6,26%
Empleo total nacional	1,36%	2,59%	3,11%	3,37%
Sector público no financiero (miles de millones de pesos)	1,61%	8,03%	4,74%	3,45%
Flujos de inversión extranjera en Colombia (miles de millones de pesos)	8,70%	7,22%	11,66%	7,39%
Tasas de interés	2,66%	5,68%	5,56%	8,93%

Fuente: cálculos propios.

Apéndice C3

La Tabla C3.1 contiene la información del número de rezagos según el criterio de selección. Con base en los resultados obtenidos, se tomarán tres rezagos dado que para este valor el modelo es robusto y consistente en la evaluación de los supuestos sobre los residuales.

Tabla C3.1. Criterios de selección de rezagos.

Criterio	LR	FPE	AIC	SC	HQ
Número de rezagos	4	4	4	0	1

LR: Likelihood-ratio test; FPE: Final Prediction Error; AIC: Criterio de información Akaike; SC: Criterio de información Schwarz; HQ: Criterio de información Hannan-Quinn.

Fuente: cálculos propios.

La tabla C3.2 muestra la prueba de auto-correlación (test LM) sobre los residuales en el modelo estimado.

Tabla C3.2. Prueba de autocorrelación (LM test).

Periodo	LM-Stat	p-valor
1	79.74127	0.0886
2	75.90989	0.1464
3	69.67821	0.2924
4	66.85996	0.3791
5	67.29289	0.3651
6	47.04699	0.9447
7	74.02127	0.1836

Nota: hipótesis nula: no existe correlación en los residuales.

Fuente: cálculos propios.

La tabla C3.3 describe la prueba de normalidad de Jarque-Bera y heterocedasticidad de White en los residuales. El resultado indica que no se rechaza la hipótesis nula en ambos casos, por tanto se puede concluir que los residuales son normales y homocedásticos.

Tabla C3.3. Prueba de normalidad y heterocedasticidad en los residuales.

	Estadístico	p-valor
Prueba de Normalidad (Jarque-Bera)	10.18946	0.8565
Prueba de Heterocedasticidad de White	1742.556 (Chi-sq)	0.3981

Nota: hipótesis nula test de Normalidad: Normalidad en los errores.

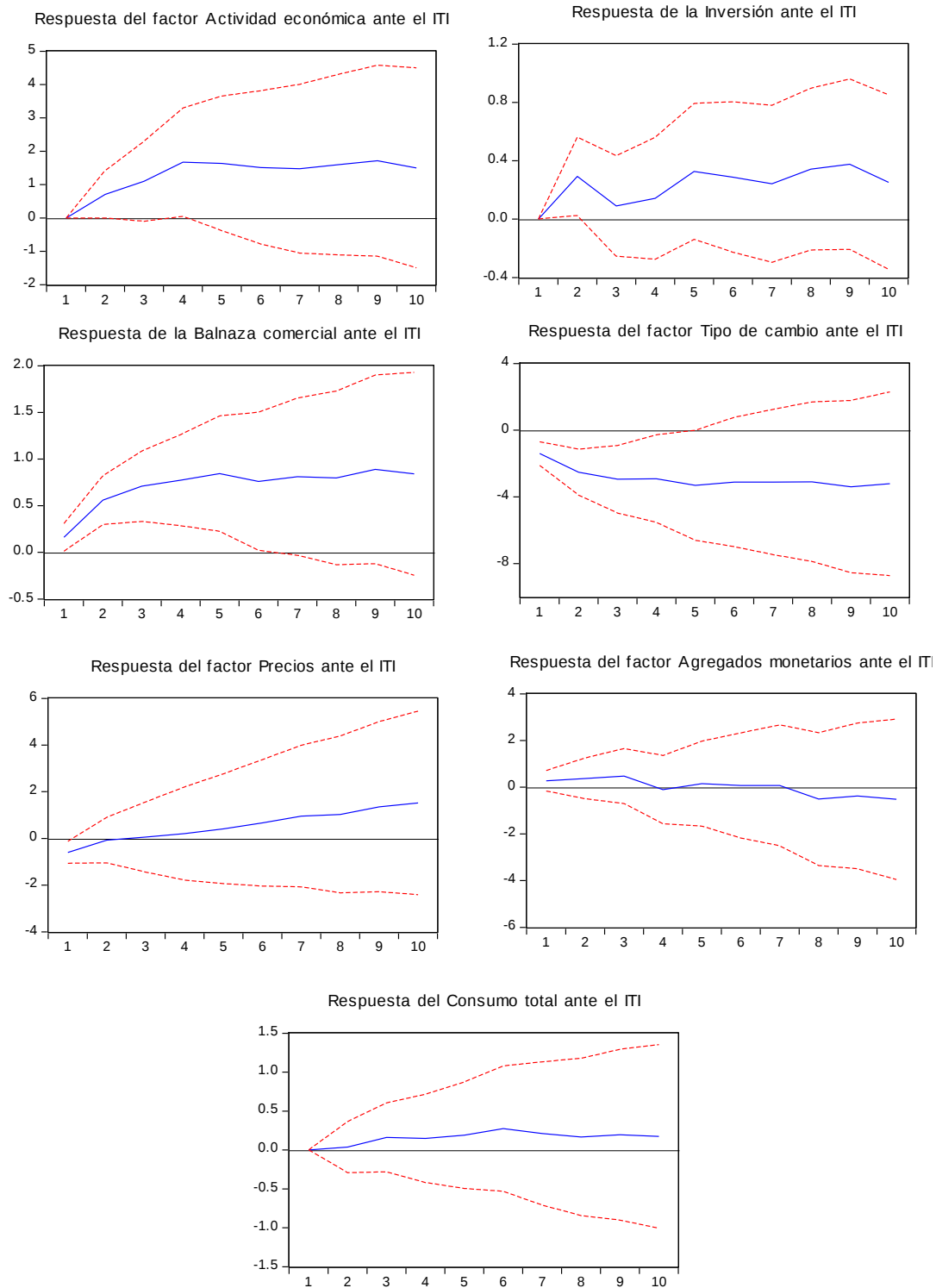
Nota: hipótesis nula test de Heterocedasticidad: los errores son homocedásticos.

Fuente: cálculos propios.

Apéndice C4

Funciones Impulso-Respuesta acumuladas estimadas a través del ordenamiento de Cholesky.

Respuestas acumuladas a una D.E de las innovaciones de Cholesky ± 2 S.E.

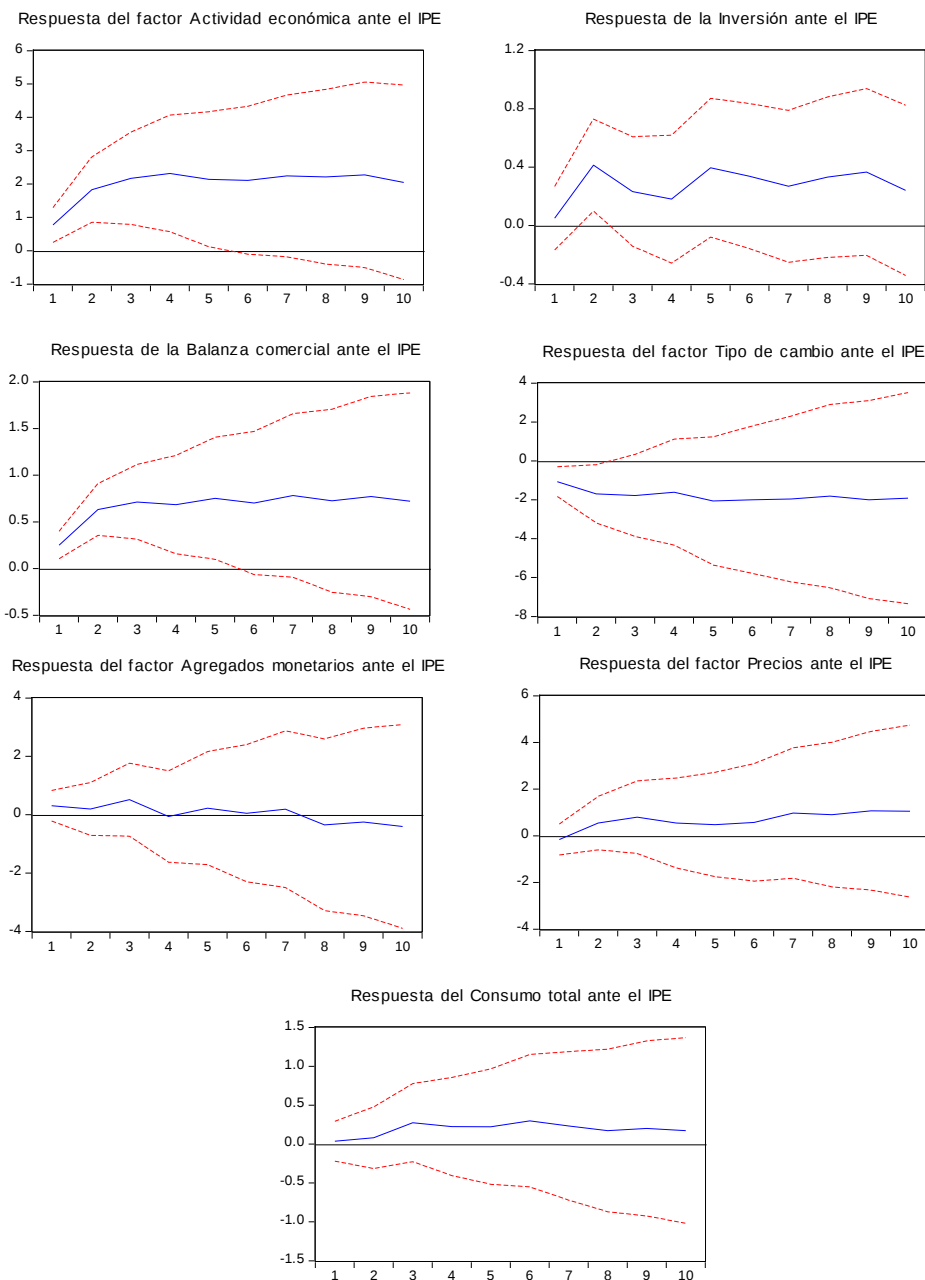


Fuente: elaboración propia.

Apéndice C5

Funciones Impulso-Respuesta generalizada y acumulada de los efectos generados por el índice de precios de exportaciones (IPE) sobre el factor Actividad económica, Inversión, Balanza comercial, factor Tipo de cambio, factor Precios, factor Agregados monetarios y Consumo total.

Respuesta acumulada de una D.E de las innovaciones de Cholesky ± 2 S.E.



Fuente: elaboración propia.

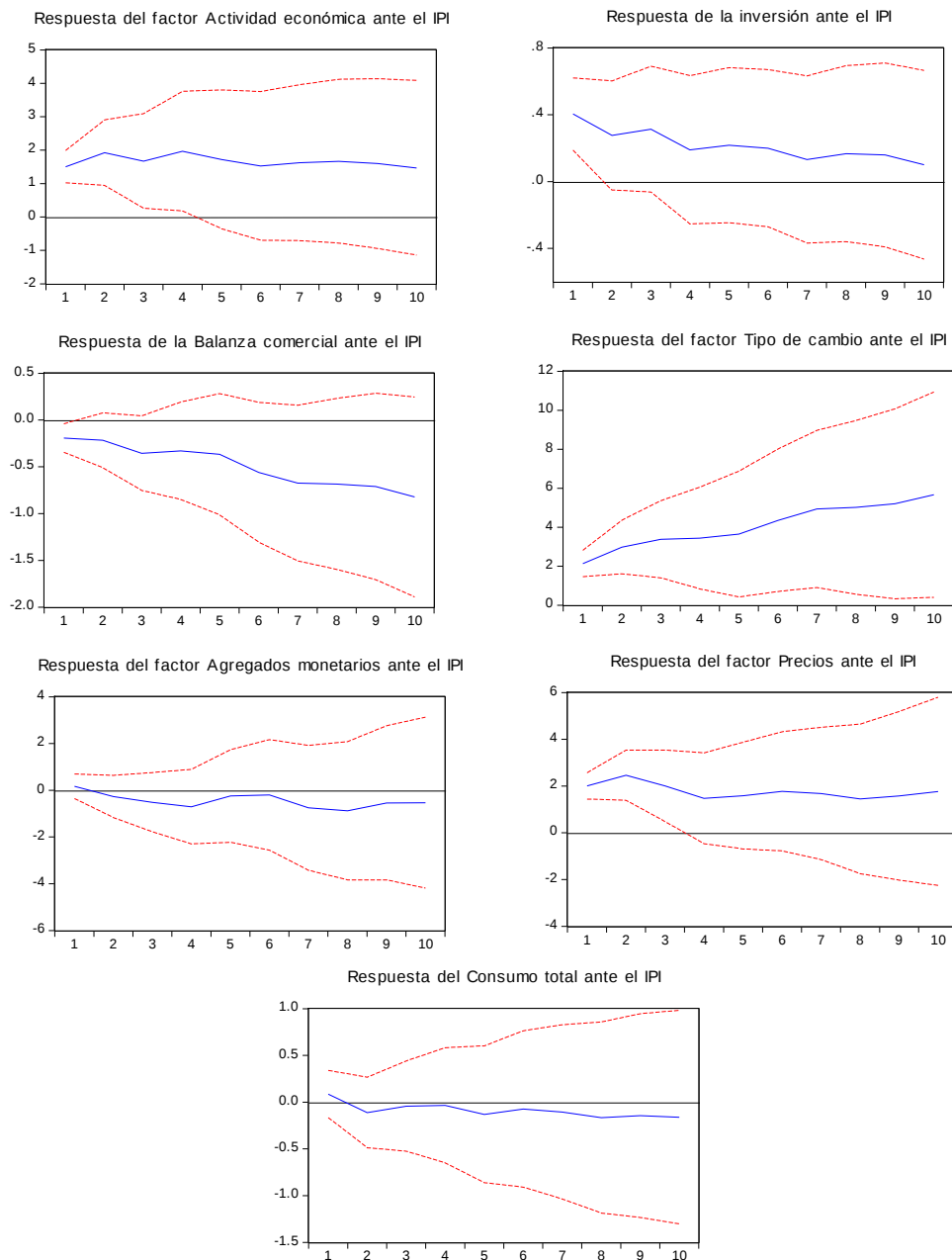
Tabla C5.1. Descomposición de la varianza de las variables de interés seleccionadas.

Variables	Porcentaje de la varianza explicada por los términos de intercambio
Actividad económica (PIB)	4.00
Consumo total	3.00
Agregados monetarios	2.00
Balanza comercial	4.00
Precios (inflación)	1.00
Tipo de cambio real	1.00
Inversión	6.00

Fuente: elaboración propia.

Funciones Impulso-Respuesta generalizada y acumulada de los efectos generados por el índice de precios de importaciones (IPI) sobre el factor Actividad económica, Inversión, Balanza comercial, factor Tipo de cambio, factor Precios, factor Agregados monetarios y Consumo total.

Respues acumulada de una D.E de las innovaciones de Cholesky ± 2 S.E.



Fuente: elaboración propia

Tabla C5.2. Descomposición de la varianza de las variables de interés seleccionadas.

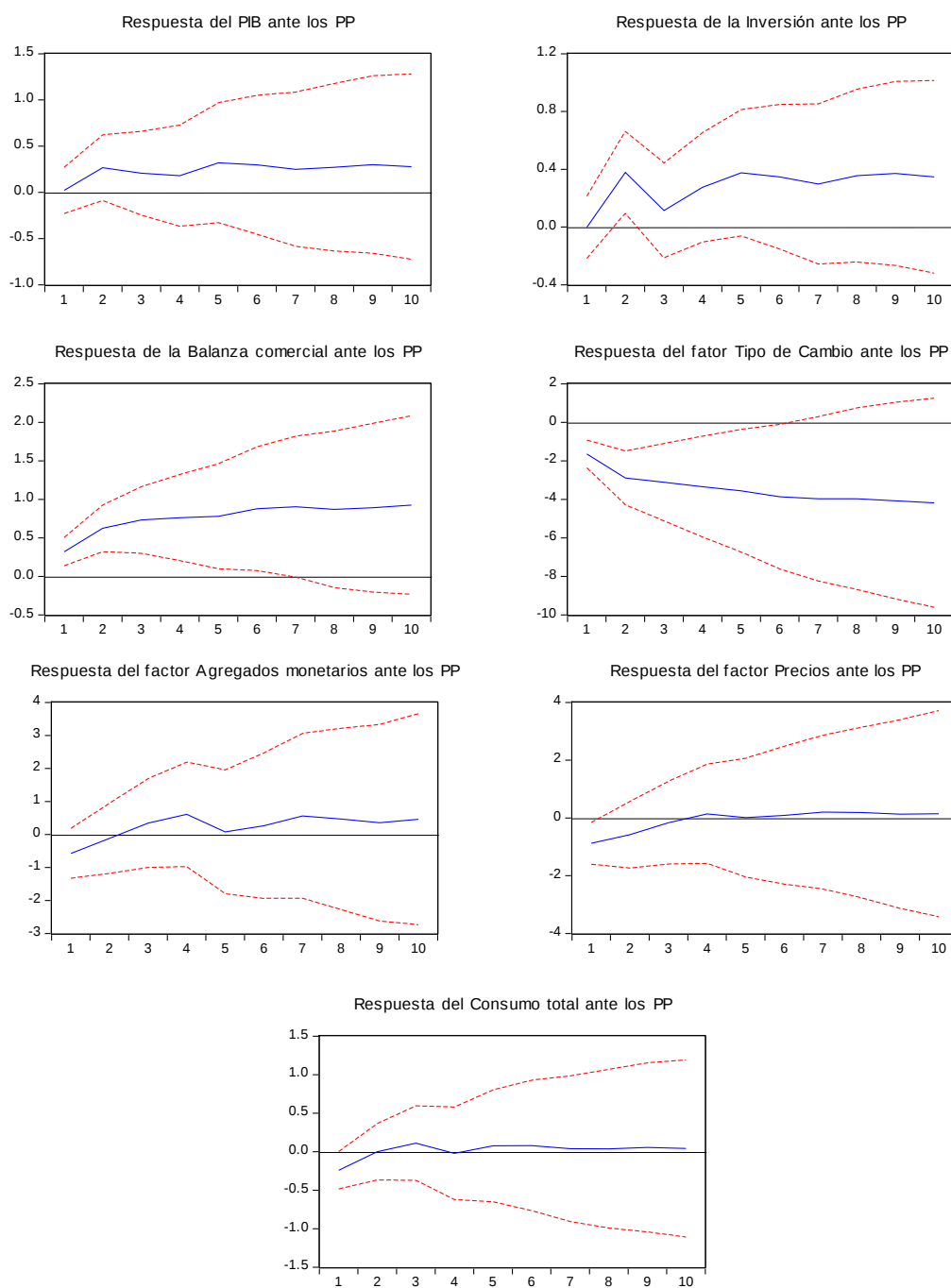
Variables	Porcentaje de la varianza explicada por los términos de intercambio
Actividad económica (PIB)	2.00
Consumo total	3.00
Agregados monetarios	3.00
Balanza comercial	1.00
Precios (inflación)	7.00
Tipo de cambio real	2.00
Inversión	5.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice C6

Funciones Impulso-Respuesta generalizada y acumulada de los efectos generados por los precios del petróleo (PP) sobre el factor Actividad económica, Inversión, Balanza comercial, factor Tipo de cambio, factor Precios, factor Agregados monetarios y Consumo total.

Respuesta acumulada a una D.E de las innovaciones de Cholesky ± 2 S.E.



Fuente: elaboración propia.

Tabla C6.1. Descomposición de la varianza de las variables de interés seleccionadas.

Variables	Porcentaje de la varianza explicada por los términos de intercambio
Actividad económica (PIB)	2.00
Consumo total	2.00
Agregados monetarios	2.00
Balanza comercial	1.00
Precios (inflación)	2.00
Tipo de cambio real	1.00
Inversión	8.00

Fuente: elaboración propia.