

Bonanzas y crisis de la actividad petrolera y su efecto sobre la economía colombiana ¹

Ligia Alba Melo-Becerra
lmelobec@banrep.gov.co

Ligia Marcela Parrado-Galvis
USR_PracticanteGT20@banrep.gov.co

Jorge Enrique Ramos-Forero
jramosfo@banrep.gov.co

Héctor Manuel Zarate-Solano
hzaratso@banrep.gov.co

Resumen

Este documento describe la importancia del petróleo en la economía colombiana y cuantifica su impacto sobre la deuda del gobierno, la tasa de cambio real y la actividad económica en los últimos treinta años. El trabajo resulta útil por la importancia histórica del petróleo y por el impacto macroeconómico que ocasionó la caída reciente del precio internacional del crudo. Para el ejercicio empírico se utiliza una metodología de Vectores Autoregresivos con parámetros cambiantes en el tiempo, *VAR-PCT*, la cual supone que la relación entre los precios y/o la producción de petróleo con las variables macroeconómicas cambia dinámicamente. Los resultados confirman que hay diferentes patrones de volatilidad estocástica de las variables incluidas en el modelo. De acuerdo con las funciones impulso respuesta, los choques positivos al precio del petróleo no causaron efectos significativos sobre la tasa de cambio real, excepto en 2004, cuando se observó una apreciación real. No obstante, para enero de 2015, un choque negativo al precio del 10% generaría una depreciación real de aproximadamente 8%. Así mismo, un choque positivo al precio no afectaría la deuda del gobierno ni en junio de 1999 ni en enero de 2007. Sin embargo, un choque negativo al precio en enero de 2015 del 10% reflejaría un aumento de la deuda anual hasta de 8.9%.

Palabras claves: Petróleo, Finanzas Publicas Colombia, PCT-VAR.

Clasificación JEL: C35, C36, I10, J21

¹ Agradecemos a Clark Granger por su asistencia en la investigación. Las opiniones expresadas aquí son responsabilidad de los autores y no reflejan las opiniones del Banco de la República ni de su Junta Directiva.

1. Introducción

Desde mediados de los ochenta la actividad petrolera ha jugado un papel importante en la economía colombiana gracias a la recuperación de la capacidad de producción del país y a la reanudación de exportaciones. El impacto de esta actividad fue más notorio en la década del noventa y entre los años 2004 - 2014 gracias a la bonanza de precios y/o cantidades. La caída vertiginosa del precio internacional del petróleo a partir de junio de 2014 generó un desajuste macroeconómico que aún está en proceso de corrección. Las variables que reflejan con mayor claridad los choques petroleros son el déficit fiscal y la deuda pública, la tasa de cambio real, la balanza de pagos, la inversión y el consumo privado.

Desde el punto de vista de las finanzas públicas, las fluctuaciones en la actividad petrolera generan aumentos o reducciones en el flujo de ingresos fiscales al gobierno nacional central y a las regiones. Por el lado del sector externo, el incremento sostenido del precio y/o las cantidades de crudo ocasionan un aumento tanto de las exportaciones como del flujo de inversión extranjera directa hacia el país, que se refleja en un mayor nivel de las reservas internacionales y en una apreciación del tipo de cambio real. Por el contrario, la reducción del precio y/o el agotamiento de los recursos debilitan el valor de las exportaciones, reduce la inversión en el sector y genera un proceso de devaluación de la tasa de cambio real. En general, los choques sobre el precio y la cantidad de petróleo afectan las finanzas del Estado, producen desajustes sobre la balanza de pagos e impactan los niveles de consumo e inversión privada.

La relación entre las variables petroleras y el entorno macroeconómico no ha sido estable en los últimos treinta años. En la década del noventa, la bonanza de cantidades por los nuevos hallazgos petroleros tuvo menor impacto sobre las finanzas públicas y el sector externo que la bonanza de precios y cantidades observada desde el año 2004. Esta última bonanza condujo a que la actividad petrolera adquiriera mayor importancia en la economía colombiana, por lo que la caída reciente del precio internacional del petróleo generó un desajuste considerable cuya corrección requerirá tiempo y un gran esfuerzo, especialmente en el frente fiscal.

Este trabajo tiene como objetivo describir la relevancia de la actividad petrolera en la economía colombiana y medir el impacto de los choques de precios y/o cantidades de petróleo sobre la tasa de cambio real, la inversión privada, el consumo privado y la deuda del gobierno nacional durante los últimos treinta años. Para cuantificar este impacto, se seleccionó una metodología econométrica basada en modelos con vectores autoregresivos, la cual tiene en cuenta que la relación entre las variables de precio y de cantidad de petróleo con las variables macroeconómicas analizadas es dinámica. Este tipo de modelo es conocido en la literatura como *VAR-PCT*.

El trabajo se divide en siete secciones incluyendo esta introducción. En la segunda, se describe brevemente en términos generales la importancia histórica del petróleo en la economía colombiana. En la tercera sección se destacan algunos aspectos teóricos relacionados con las situaciones de bonanza y crisis de la actividad petrolera y se establecen los canales de transmisión entre las variables de precio y cantidad de petróleo con el entorno macroeconómico. En la cuarta sección se presenta la metodología econométrica y en la quinta se describen los datos y el procedimiento para realizar la inferencia estadística. Los resultados del ejercicio empírico se presentan en la sexta sección. Finalmente, en la séptima sección se incluyen las conclusiones del trabajo.

2. El petróleo en la economía Colombiana

El petróleo adquirió importancia en Colombia a principios del siglo XX con el otorgamiento por parte del Estado de las concesiones Barco y de Mares. La escasez de capital y de tecnología llevó al traslado de dichas concesiones a compañías multinacionales que iniciaron la exploración y explotación de este recurso natural. Durante los primeros años se realizaron grandes inversiones en obras de infraestructura, dentro de las cuales sobresalen la refinería de Barrancabermeja en 1922, y el oleoducto entre Barranca y Cartagena en 1926 (Perry y Olivera, 2009). Más adelante se destacan el oleoducto Tibú - Coveñas en 1933 y la refinería de Cartagena cuya operación se inició en 1953.² En 1951 se fundó la Empresa Colombiana de Petróleos – Ecopetrol – con los activos revertidos de la concesión de Mares por parte de la

² La Ley 37 de 1931 estableció un marco regulatorio para el desarrollo de la actividad petrolera. Esta norma junto con diferentes decretos reglamentarios se convirtieron en 1953 en el código de petróleos.

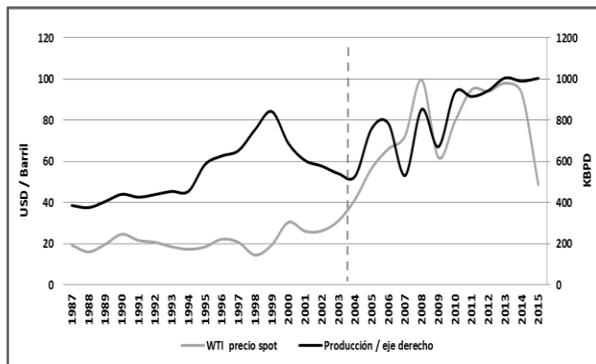
“Tropical Oil CO” de los Estados Unidos (Caballero y Amaya, 2011). Durante la primera mitad del siglo XX el grueso de la producción petrolera se destinó al consumo interno (Perry y Olivera, 2009). A finales de la década del sesenta se evidenció el agotamiento de las reservas de petróleo lo que llevo a introducir algunos ajustes sobre la legislación existente para estimular la actividad exploratoria (Perry y Olivera, 2009). No obstante, a principios de los setenta la producción disminuyó drásticamente y en 1974 el país se convirtió en importador neto de petróleo en un periodo en el que la cotización internacional del crudo ascendía rápidamente desde un poco más de US\$ 3 dólares el barril en 1973 a cerca de US\$ 37 dólares en 1980.

Como resultado de la crisis el gobierno expidió un nuevo marco normativo, bajo la declaración de un estado de Emergencia Económica, para estimular la exploración y recuperar la capacidad de producción del país (Perry y Olivera, 2009). Con este marco legal desapareció la figura de la concesión y se instituyó un nuevo arreglo mediante contratos de asociación entre el Estado, a través de Ecopetrol, y las compañías multinacionales. También se estableció el mismo porcentaje de participación sobre la producción de crudo para Ecopetrol y las compañías extranjeras, previo el descuento del porcentaje asignado para regalías. Estos ajustes condujeron a fomentar la actividad exploratoria y la inversión extranjera en el sector. En 1983 se reconoció el hallazgo del campo Caño Limón por parte de la compañía “Occidental Petroleum”, con lo cual se pudo recuperar la capacidad de producción del país, aumentar las reservas existentes, satisfacer la demanda interna de crudo y reanudar las exportaciones en el año 1986 (Perry y Olivera, 2009).

Posteriormente se realizaron los hallazgos de los campos de Cusiana en 1988 y de Cupiagua en 1992. Vale la pena anotar que en 1989 se revisó la normatividad sobre contratos de asociación para elevar la participación de Ecopetrol en la producción de crudo. Este cambio desincentivó la actividad exploratoria en el país y llevó de nuevo a la revisión de los Contratos en el año 1994 para modificar de manera más equitativa la forma de reparto de la producción entre Ecopetrol y los asociados, teniendo en cuenta ingresos y gastos acumulados de las compañías extranjeras en cada campo petrolero (Perry y Olivera, 2009). En 1995 se creó el Fondo de Ahorro y Estabilización Petrolera –FAEP- como un mecanismo para moderar el impacto de la renta del petróleo sobre la economía colombiana.

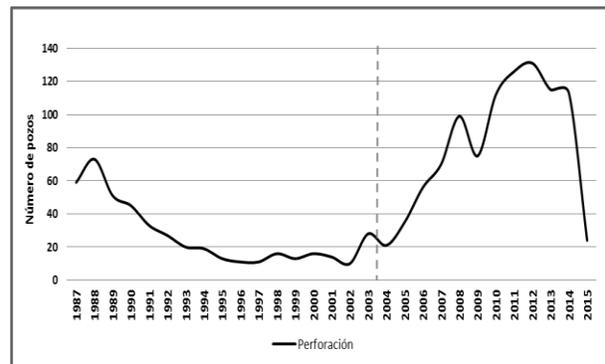
Desde mediados de la década de los ochenta la actividad petrolera se ha desarrollado en medio de cambios institucionales y legales, fluctuaciones de los niveles de producción y ajustes de los precios internacionales del crudo. Todos estos elementos han determinado el impacto del petróleo sobre la economía durante las últimas tres décadas, el cual se puede caracterizar con base en la evolución de algunas variables económicas y el comportamiento de los principales indicadores del sector. Desde finales de los ochenta, gracias a los nuevos hallazgos que ampliaron las reservas de crudo, la producción petrolera aumentó de manera continua hasta alcanzar un nivel superior a ochocientos mil barriles diarios en el año 1999, en un periodo en el cual el precio internacional del crudo de referencia WTI estaba ubicado alrededor de US\$ 20 dólares por barril y la actividad exploratoria disminuía de manera apreciable, por la reducción de la inversión extranjera directa en el sector (Gráficas 1, 2, 3 y 5). Durante este periodo, la tasa de cambio real se revaluó hasta el año 1997 y la participación del petróleo y sus derivados en las exportaciones totales del país fluctuó entre 15% en 1994 y 32% en 1999 (Gráficas 4 y 6). Las rentas fiscales derivadas del petróleo registraron niveles inferiores a medio punto del PIB tanto en la cuentas del gobierno nacional como en el monto de regalías transferido a las regiones (Gráfica 7).

Gráfica 1: Precio del petróleo WTI y producción nacional



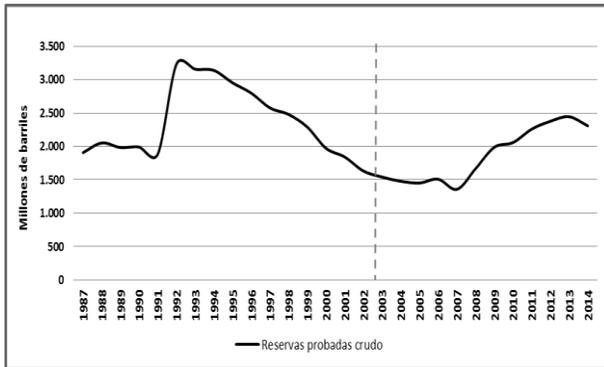
Fuente: Energy Information Agency y Asociación Colombiana del Petróleo

Gráfica 2: Pozos perforados



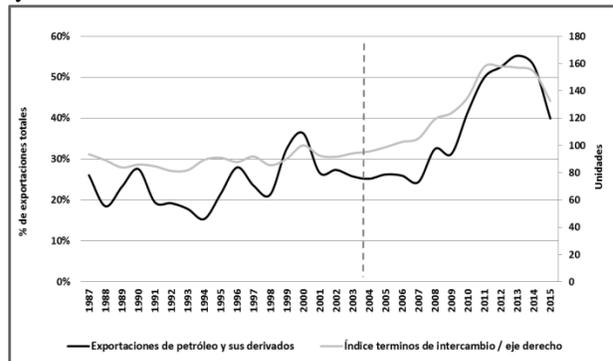
Fuente: Asociación Colombiana del Petróleo

Gráfica 3: Reservas probadas de petróleo



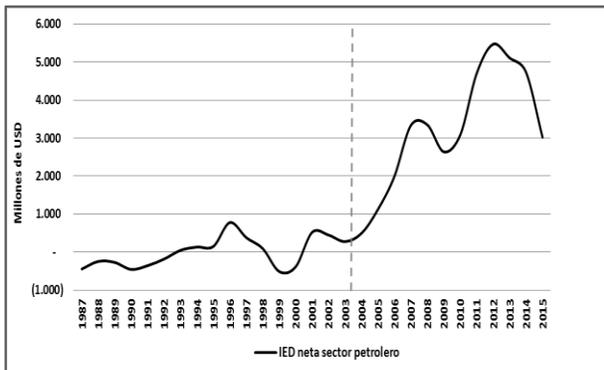
Fuente: Ecopetrol, ANH y ACP

Gráfica 4: Participación del petróleo en las exportaciones y términos de intercambio



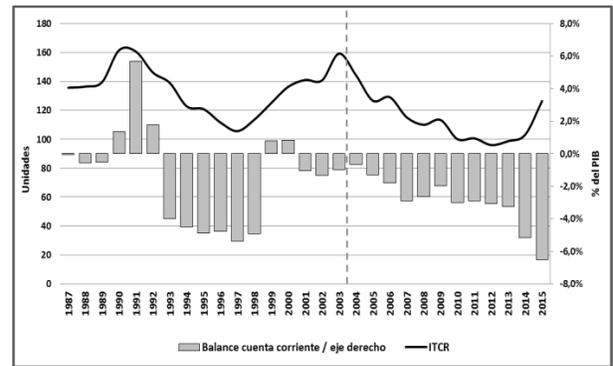
Fuente: Banco de la República.

Gráfica 5: Inversión extranjera directa en el sector petrolero



Fuente: Banco de la República

Gráfica 6: Cuenta corriente y tasa de cambio real



Fuente: Banco de la República.

Al comenzar el nuevo siglo, debido a la reducción de la actividad exploratoria, la producción de crudo se redujo gradualmente hasta situarse en niveles inferiores a seiscientos mil barriles diarios en 2003, lo cual contrasta con la tendencia ascendente del precio internacional del petróleo que desde el año 2000 rondaba niveles cercanos a los US\$ 30 dólares el barril. En estos años, los ingresos petroleros a favor del gobierno nacional se situaron inicialmente por encima del 1% del PIB en 2001 y luego descendieron a cerca de 0.7% del PIB en 2003. Justamente en este último año se expidió el Decreto 1760 que introdujo ajustes importantes sobre el sector de hidrocarburos, dentro de los cuales se destacan la Creación de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, como entidad de supervisión y regulación, y la transformación de Ecopetrol en una sociedad por acciones (Martinez 2011).

Desde el año 2003 se observa un ascenso vertiginoso del precio internacional del crudo, el cual alcanzó una cotización de US\$ 100 dólares por barril en 2008. Esta tendencia se interrumpió transitoriamente en 2009 cuando el precio se redujo a US\$ 60 dólares por barril debido a los efectos económicos derivados de la crisis financiera internacional. En los siguientes años, el precio del petróleo ascendió de nuevo a niveles superiores a US\$ 90 dólares el barril y desde mediados de 2014 se registró una caída significativa por el aumento de la oferta mundial de crudo y la reducción de la demanda de los principales compradores de materias primas. Al final de 2015 la cotización del crudo de referencia WTI se situó en US\$ 49 dólares el barril.

Los elevados precios del petróleo estimularon la producción de crudo que, con algunos altibajos, ascendió gradualmente hasta estabilizarse alrededor de un millón de barriles diarios entre los años 2013 y 2015. Durante la segunda mitad de la década anterior y los primeros años de la actual las labores de búsqueda de crudo aumentaron de manera continua. En 2008 se alcanzaron a perforar cien pozos y, posteriormente, después de una reducción en 2009, se perforaron 126 en 2011 y 131 en 2012. La caída reciente de los precios internacionales del petróleo redujo la exploración petrolera a 24 pozos en el año 2015.

Con el aumento de la producción y de los precios, la participación del petróleo y sus derivados en las exportaciones totales del país creció gradualmente hasta alcanzar el 50% en 2011 y el 55% en 2013. Con la caída del precio internacional esta participación descendió a 40% en 2015. La bonanza petrolera mejoró los términos de intercambio del país y aumentó considerablemente los flujos de inversión extranjera directa. La inversión externa neta en el sector de petróleo ascendió de US\$ 495 millones en 2003 a US\$ 3349 millones en 2008. Posteriormente, después de una reducción de los flujos en 2009, la inversión continuó aumentando hasta alcanzar US\$ 5471 millones en 2012 y US\$ 5111 millones en 2013³. El flujo de divisas derivado de la bonanza presionó la tasa de cambio real que se revaluó continuamente en el periodo 2004 - 2012 como se observa en la Gráfica 6. Por el contrario, la caída reciente de los precios internacionales del petróleo propició una depreciación del tipo de cambio real en 2014 y 2015.

³ En el año 2015 la inversión neta en el sector se redujo a US\$ 3021 millones.

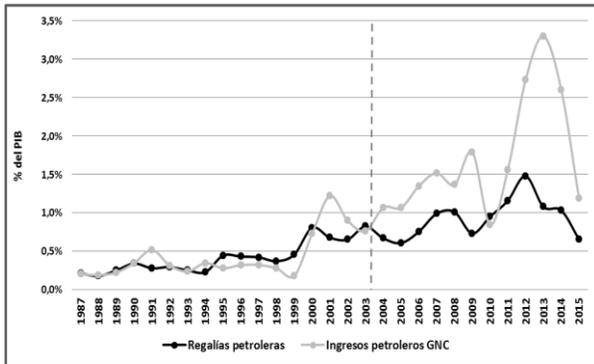
Desde la perspectiva de las finanzas del Estado, la bonanza petrolera de los últimos años produjo un flujo de recursos al gobierno nacional central y a las regiones muy superior al observado en los años noventa. Las rentas a favor del gobierno nacional, que están constituidas principalmente por dividendos pagados por Ecopetrol y por el impuesto de renta a cargo del sector, ascendieron en conjunto de 0.8% del PIB en 2003 a 1.8% del PIB en 2009. Después de una reducción transitoria en 2010, estas rentas continuaron su ascenso hasta situarse en 3.3% del PIB en 2013, para luego caer a 1.2% del PIB en 2015⁴. Por su parte, las regalías petroleras que constituyen una de las fuentes de ingreso de los gobierno subnacionales, ascendieron de 0.6% del PIB en 2005 a 1% del PIB en 2008. Después de una reducción por la crisis financieras internacional, las regalías del petróleo aumentaron a 1.5% del PIB en 2012⁵. Vale la pena anotar que en el año 2011 se creó el Sistema General de Regalías con el objeto de generar mayor equidad en la distribución de los recursos petroleros y crear un mecanismo de ahorro y estabilización macroeconómica.

Con relación a la actividad económica y el empleo, las cifras oficiales muestran un efecto relativamente pequeño del sector de petróleo y actividades afines. La participación de este sector en el valor de la producción cayó de 5.3% a 3.4% del PIB entre 2001 y 2007 y, luego, en los mejores años de la bonanza (2011-2014) se mantuvo por encima de 5.6% del PIB (Gráfica 8). Respecto al empleo, las cifras del DANE muestran que entre 2001 y 2015, con excepción del último trimestre de 2006, el número de ocupados en el sector de minas y canteras como proporción de las personas empleadas a nivel nacional se situó en un porcentaje inferior al 2% como se observa en la Gráfica 9.

⁴ Cerca del 20% de los ingresos totales del gobierno en 2013 corresponden a rentas derivadas de la actividad petrolera.

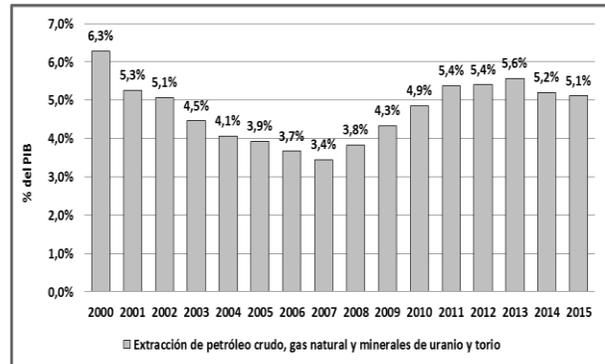
⁵ Ante la caída de los precios internacionales del petróleo las regalías se redujeron a 1 y 0.7 % del PIB en 2014 y 2015, respectivamente.

Gráfica 7: Rentas fiscales derivadas del petróleo



Fuente: Ministerio de Hacienda y Crédito Público y Agencia Nacional de Hidrocarburos

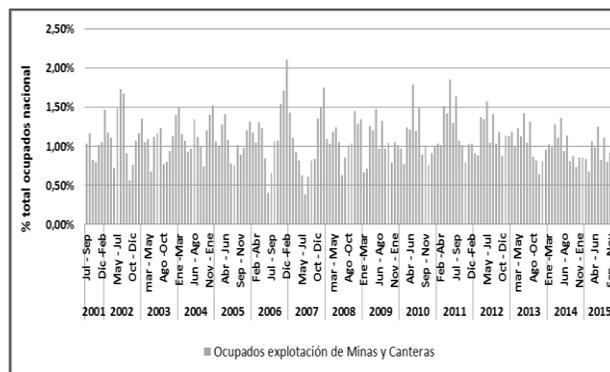
Gráfica 8: Participación del sector petrolero en el PIB



Fuente: DANE.

En general, las cifras indican que la bonanza petrolera de los últimos años tuvo un impacto mayor al de la bonanza de los años noventa, especialmente por los elevados precios externos del petróleo, que estimularon la exploración, la inversión extranjera en el sector y la producción de crudo en el país. El comportamiento de estas variables, permitió aumentar a más de 50% la participación de las ventas externas de petróleo en el total de las exportaciones, mejorar los términos de intercambio del país y generar un flujo significativo de recursos fiscales al gobierno nacional central y a las regiones. Cabe recordar, que el gobierno nacional alcanzó a recibir ingresos superiores al 3% del PIB en el 2013 en tanto que las regiones se beneficiaron de un flujo de rentas por regalías petroleras que alcanzó un máximo de 1.5% del PIB en 2012.

Gráfica 9: Participación del sector petrolero en el empleo



Fuente: DANE

3. Algunos aspectos teóricos sobre el efecto del petróleo en la economía y canales de transmisión.

3.1. Sobre las bonanzas y la crisis de la actividad petrolera

Las economías exportadoras de recursos naturales y especialmente aquellas que comercializan productos de origen mineral, enfrentan situaciones derivadas del aumento de su riqueza por el incremento del precio externo de estos productos o el hallazgo de nuevos recursos. Este tipo de situaciones genera cambios en la estructura productiva de los países e impone retos sobre el manejo de la política económica, por los efectos colaterales sobre la actividad económica, las finanzas del Estado, la tasa de cambio y la balanza de pagos (Toro, Garavito, López y Montes 2015). Las bonanzas de precios y/o de cantidades de bienes transables, como el petróleo, se asocian con un fenómeno denominado “Enfermedad Holandesa”, el cual corresponde a un proceso de reasignación de recursos que conduce a la caída de la producción de bienes transables, diferentes al recurso natural, y al aumento de la demanda y la producción de bienes no transables (Sachs y Larraín, 1994). El mecanismo principal a través del cual se induce el proceso es la tasa de cambio real, cuya revaluación reduce la competitividad del país y la rentabilidad de las actividades industriales y agrícolas ligadas al comercio internacional y de aquellas que compiten con bienes y servicios importados (Puyana y Thorp, 1998).

La bonanza de la minería representa un ajuste en el ingreso y en las cuentas externas del país por el incremento en el valor de las exportaciones de recursos naturales y el mayor flujo de capitales por inversión extranjera directa. La entrada de divisas permite la acumulación de reservas internacionales y genera un proceso de revaluación del tipo de cambio real, que estimula las importaciones y afecta las exportaciones de bienes manufacturados y agrícolas, lo que conduce a un desajuste sobre la cuenta corriente.

Desde el punto de vista fiscal, las bonanzas de precios y/o cantidades de recursos naturales originan un aumento tanto en el flujo de impuestos y regalías como en el de utilidades de las empresas públicas que desarrollan actividades en el sector. Algunos países dependen más que otros de este tipo de rentas, lo que los hace más vulnerables a las fluctuaciones de los precios de

los *commodities* y al hallazgo de nuevos recursos. El manejo de las rentas extraordinarias derivadas de la minería depende en gran medida del desarrollo institucional de cada país. Algunas naciones constituyen fondos de ahorro y estabilización macroeconómica con parte de estos recursos y otras aumentan el gasto de consumo y de inversión para atender necesidades sociales y desarrollar obras de infraestructura (Perry, Bustos y Sui-Jade Ho, 2011). Uno de los problemas fiscales asociados a la bonanza es la financiación de gastos permanentes con ingresos que por su naturaleza se pueden reducir e incluso desaparecer.

Por el contrario, el agotamiento de los recursos o la reducción de su precio conducen a una contracción de la actividad económica y a un ajuste de las finanzas del Estado y de la cuenta corriente de la balanza de pagos. Un choque negativo sobre los precios externos de estos bienes reduce el ingreso e impacta en alguna medida la balanza comercial del país dependiendo de la importancia de la minería en el total de las exportaciones (Baffes, Kose, Ohnsorge y Stoker, 2015). Ello conduce a un proceso de depreciación del tipo de cambio real que se puede acentuar por la salida de capitales de corto plazo o la reducción de los flujos de inversión extranjera en actividades mineras. En el mediano plazo, el ajuste cambiario debe mejorar la cuenta corriente por el encarecimiento de las importaciones y el estímulo a las exportaciones de bienes industriales y agrícolas.

Por el lado de las finanzas públicas, una caída abrupta de los precios externos de los bienes de origen mineral afecta el flujo de recursos por impuestos y regalías al igual que las utilidades de las empresas públicas que desarrollan actividades en el sector. Esta situación obliga a los gobiernos a buscar alternativas de ingreso o a reducir el gasto público para evitar un aumento continuo del déficit y de la deuda que propicie una situación de insostenibilidad fiscal (Baffes, Kose, Ohnsorge y Stoker, 2015). A nivel de las finanzas territoriales, la reducción de las regalías por la explotación de minerales compromete la ejecución de proyectos de inversión y debilita los fiscos subnacionales especialmente en los casos en los que existe mayor dependencia de este tipo de recursos.

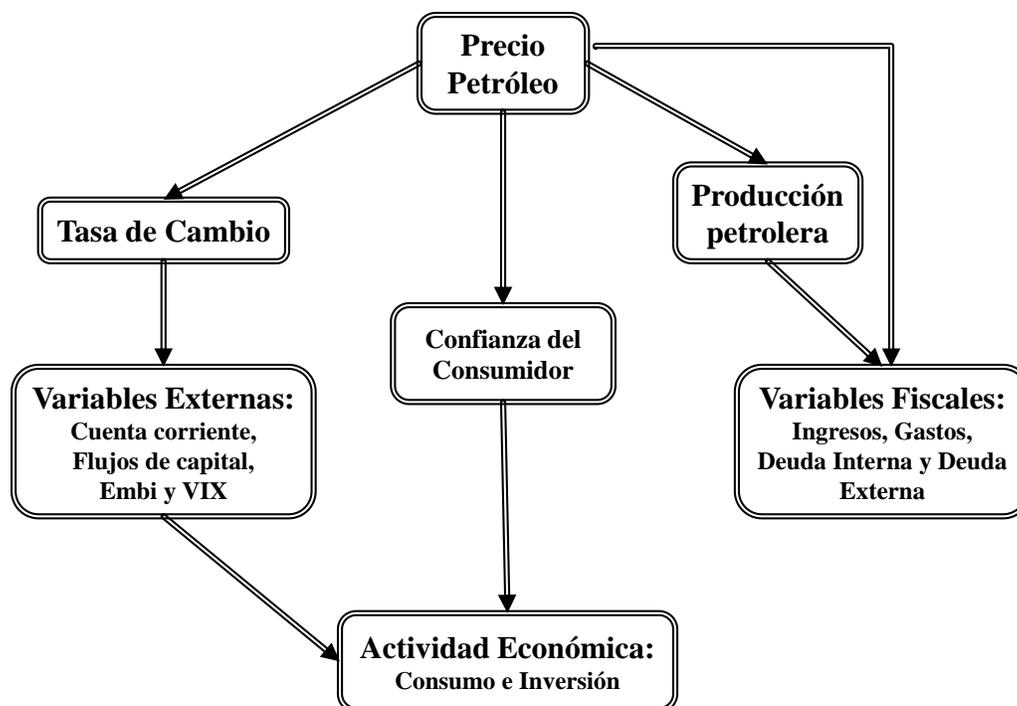
La devaluación del tipo de cambio derivada del choque negativo de los *commodities* afecta la dinámica de los precios y la valoración en moneda local de la deuda externa del país y el costo

del servicio. En general, la caída de los precios de los *commodities* conlleva salida de capitales, debilitamiento de las finanzas del Estado, aumento del *spread* de la deuda, pérdidas eventuales de reservas internacionales y reducción de la actividad económica. Así mismo, el choque puede dificultar el acceso del país a los mercados financieros internacionales y afectar los indicadores bancarios por la pérdida de dinamismo del producto y la exposición de algunas entidades financieras a las actividades mineras.

3.2. Mecanismos de transmisión

En esta sección se sintetiza el mecanismo de transmisión de los choques en el precio y en la producción de petróleo sobre una economía dependiente de los *commodities*. En la Figura 1 se ilustran los diferentes canales a través de los cuales los cambios en las variables petroleras afectan las finanzas públicas, el sector externo y la actividad económica.

Figura 1: Canales de transmisión de los choques en los precios y producción del petróleo



Fuente: Elaboración de los autores

Desde la perspectiva de las finanzas públicas, la respuesta ante los choques en las variables petroleras puede ser directa, por el impacto sobre el flujo de rentas fiscales, e indirecta, por el efecto sobre el recaudo de impuestos que ocasionan las fluctuaciones de la actividad económica. En general, el incremento de los precios del crudo impulsa la actividad económica y mejora las rentas del gobierno generadas por el sector. Por el contrario, las reducciones en el precio, afectan la actividad económica y disminuyen este tipo de rentas. Como se describió en la sección anterior, mientras las bonanzas de precio o de cantidades de petróleo se traducen en menor déficit fiscal, las crisis generan un aumento del déficit y de la deuda pública cuando las autoridades económicas no adoptan medidas compensatorias.

En cuanto al sector externo de la economía, los choques en las variables petroleras se reflejan en el comportamiento de las exportaciones, la tasa de cambio real, la cuenta corriente de la balanza de pagos y los flujos de capital del país, especialmente en el rubro de la inversión extranjera directa. Los ajustes en el tipo de cambio real también conllevan variaciones en el valor de las importaciones. Otro canal a través del cual los choques petroleros afectan el sector externo, es el de la prima del riesgo soberano, que se mide normalmente con el indicador de bonos de mercados emergentes, EMBI (*Emerging Markets Bonds Index*).

Respecto a la actividad económica, los cambios en el precio y en la producción del petróleo afectan el consumo y la inversión privada, dependiendo de la participación de este sector en el PIB y de la confianza de los agentes sobre el desempeño económico en el corto y mediano plazo. Frente a un choque negativo del precio del petróleo se espera una pérdida de confianza tanto de los inversionistas nacionales y extranjeros como de los consumidores.

4. Metodología Econométrica

En esta sección se describe la estrategia econométrica, la cual parte del hecho de que la relación entre los precios y/o la producción de petróleo y las variables macroeconómicas y fiscales consideradas en este estudio no ha sido estable en Colombia desde finales de la década de los ochenta. El estudio empírico de esta relación debe tener en cuenta dos elementos centrales. El primero, está asociado con los cambios en la volatilidad de los choques de precios y de producción de petróleo en el periodo 1987-2015. El segundo, se origina en las diversas formas

de respuesta que las variables macroeconómicas tienen ante los choques del precio y de la cantidad de petróleo, lo que significa considerar modificaciones en el mecanismo de transmisión durante el periodo. Por lo anterior, la metodología seleccionada se basa en vectores autoregresivos multivariados con parámetros y volatilidades cambiantes a través del tiempo (*VAR – PCT*)⁶.

A diferencia de otros estudios que utilizan metodologías basadas en supuestos de efectos constantes de los choques y/o de varianzas homogéneas a través del tiempo, el modelo *VAR – PCT* incorpora asimetrías y no linealidades de los choques y su efecto sobre la estructura de rezagos del modelo, garantizando la consistencia de los estimadores. Esta metodología provee información para la identificación de los choques estructurales. Adicionalmente, en este trabajo se supone que las innovaciones de los choques de los precios del petróleo son exógenas, debido a la baja participación de Colombia en el mercado petrolero internacional. De esta forma, se imponen la condición de exogeneidad estricta (Pieschacon, 2009).

La metodología econométrica tiene en cuenta el comportamiento conjunto de las variables con coeficientes, parámetros y volatilidad estocástica que cambian en el tiempo de la siguiente forma:

$$y_t = c_t + B_{1,t}y_{t-1} + \dots + B_{k,t}y_{t-k} + A_t^{-1}\Sigma_t\varepsilon_t$$

Donde y_t es el grupo de variables endógenas observadas y adecuadamente transformadas para explicar la relación de las variables de precio, y producción del petróleo con las variables macroeconómicas seleccionadas teniendo en cuenta los canales de transmisión explicados en la sección anterior:

$$y_t = \begin{bmatrix} \textit{Precio del petróleo (Brent)} \\ \textit{Producción de petróleo} \\ \textit{Indice de tasa de cambio real} \\ \textit{Consumo privado} \\ \textit{Inversión privada} \\ \textit{Deuda del gobierno nacional} \end{bmatrix}$$

⁶ En el modelo *VAR – PCT* los datos observados determinan si la variación en el tiempo de la estructura lineal se debe al cambio de tamaño de los choques (impulso) o a cambios en el mecanismo de propagación (respuesta).

Donde c_t es un vector de interceptos, $B_{i,t}$ $i = 1, \dots, k$ corresponden a las matrices de coeficientes, Σ_t es la matriz con desviaciones estándar, σ_t . Por su parte, A_t es una matriz triangular inferior con parámetros α_t que forman un vector de coeficientes y ε_t es el vector de choques no observables con distribución normal $\varepsilon_t \sim N(0, I_k)$. Todos los vectores y matrices definidos anteriormente cambian en el tiempo. Adicionalmente, siguiendo a (Primiceri 2005), se asume que los parámetros $B_{i,t}$, α_t y $\log(\sigma_t)$ siguen un proceso de caminata aleatoria de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} B_t &= B_{t-1} + v_t \\ \alpha_t &= \alpha_{t-1} + \epsilon_t \\ \text{Log}(\sigma_t) &= \text{Log}(\sigma_{t-1}) + \eta_t \end{aligned}$$

De otro lado, se asume que todos los errores en el modelo provienen de una distribución normal conjunta, así:

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_t \\ v_t \\ \epsilon_t \\ \eta_t \end{pmatrix} \sim N_4 \left(\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \left(V = \begin{pmatrix} I & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Q & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S & 0 \\ 0 & 0 & 0 & W \end{pmatrix} \right) \right)$$

La metodología estadística para estimar los parámetros y las funciones impulso-respuesta se basa en métodos Bayesianos que se describen a continuación.

4.1. Inferencia Bayesiana

El modelo *VAR – PCT* incluye un número determinado de parámetros que cambian en el tiempo por lo cual el procedimiento de estimación más indicado es el de los métodos de simulación de montecarlo con cadenas de markov, *MCMC*. La metodología Bayesiana supone inicialmente la función de distribución a priori conjunta de los parámetros y luego la actualiza con la función de verosimilitud de los datos, lo cual genera la función de probabilidad posterior de los parámetros. Como esta última función no se puede evaluar analíticamente, el algoritmo *MCMC* permite generar las respectivas muestras y realizar el análisis de inferencia estadística.

En el modelo $VAR - PCT$, los parámetros se consideran variables latentes y por lo tanto se puede establecer un modelo de espacio de estados. Los estados no observables de este modelo corresponden a la historia de las volatilidades Σ_t , la historia de los coeficientes (B^T, A^T) y de la matriz de varianzas y covarianzas de los choques (V), respectivamente. La metodología Bayesiana permite reducir la incertidumbre acerca de los parámetros y evaluar la distribución posterior de los parámetros B, A, Σ y de los hiper-parámetros de V . La ventaja de este enfoque radica en la eficiencia de las estimaciones cuando se tienen varios parámetros y cuando existen asimetrías y no linealidades en el modelo analizado.

En este trabajo, siguiendo a Primiceri (2005), la inferencia estadística se basa en una variante de los métodos $MCMC$ conocida como el *muestreo de Gibbs*. Con este método las muestras de los parámetros se obtienen de las *distribuciones condicionales completas* de cada parámetro, las cuales son de menor dimensión que la distribución conjunta de los parámetros. Así, el *muestreador de Gibbs* es un algoritmo iterativo que construye una secuencia dependiente de los valores de los parámetros cuya distribución converge a la distribución posterior.

4.2. Especificación de las distribuciones a priori

La escogencia de las distribuciones a priori para los parámetros se realizó con base en estudios anteriores (Primiceri, 2005 y Nakajima, 2009) y de acuerdo con distribuciones estándar asociadas con la forma de los parámetros. Vale la pena destacar que las distribuciones para los hiper-parámetros de las componentes de la matriz de varianzas y covarianzas V siguen independientemente la distribución *Inversa- Wishart*. Es decir, $Q, W, S \sim IW_V$. Por su parte, los estados iniciales de los coeficientes que cambian en el tiempo, B_0 , las relaciones simultaneas α_0 y el logaritmo de los errores estándar $Log(\sigma_0)$ se asumen bajo la distribución normal. Este supuesto implica que las distribuciones para las secuencias completas: B, α y $Log(\sigma_t)$ condicional en Q, W y S también siguen la distribución normal.

Específicamente, las distribuciones a priori tienen la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
B_0 &\sim N(\hat{\beta}, V(\hat{\beta})) \\
A_0 &\sim N(\hat{A}, V(\hat{A})) \\
\text{Log}(\sigma_0) &\sim N(\text{Log} \hat{\sigma}_0, V(I_n)) \\
Q &\sim IW \\
W &\sim IW
\end{aligned}$$

La distribución conjunta de Σ^T y $\theta = \{B^T, A^T, V\}$ está dada por:

$$[\Sigma^T, \theta / y^T] \propto [y^T / \Sigma^T, \theta] [\Sigma^T, \theta]$$

Donde el paréntesis rectangular se interpreta como la distribución de probabilidad y el símbolo \propto expresa proporcionalidad.

El algoritmo de *Gibbs* propuesto por (Primiceri, 2005 y Nakajima, 2009) genera muestras de Σ^T, θ, S^T de la siguiente forma:

1. Muestrear Σ^T de $[\Sigma_t / y^T, \theta, S^T]$
2. Muestrear (θ, s^T) de $[\theta, s^T / y^T, \Sigma^T]$
 - 2.a. Muestrear θ de $[y^T / \Sigma^T, \theta] [\theta / \Sigma^T]$
 - 2.b. Muestrear s^T de $[y^T / \Sigma^T, \theta, s^T] [S^T]$

5. Datos y procedimiento de estimación

En esta sección se describen los datos y se presenta la evaluación estadística de la metodología Bayesiana basada en el *muestreador de Gibbs*. El conjunto de datos inicial está conformado por variables con diferente frecuencia. Las series de precio, producción de petróleo y el índice de la tasa de cambio real del peso colombiano tienen frecuencia mensual en el periodo 1985M1-2015M12. Por su parte, el saldo de la deuda del gobierno, el consumo y la inversión privada están disponibles con frecuencia trimestral para el periodo 1985T1 a 2015T4. A continuación se describen las variables con sus respectivas fuentes de información.

Tabla 1: Descripción de variables

Variable	Descripción	Fuente
PRECIOBRENT	Precio del petróleo Brent. Expresado en precios constantes con base en el deflactor anual de US. (Dólar por barril)	Administración de información de energía de Estados Unidos (EIA)
PRODUCCIÓN	Producción de crudo (Miles BPDC)	Ministerio de Minas y Energía y Ecopetrol
DEUDA	Saldo de deuda del Gobierno Nacional Central (\$ Miles de millones)	Cálculos del Banco de la República con base en Contraloría General de la República, Superfinanciera, y Ministerio de Hacienda y Crédito Público
CONSUMOPRIV	Consumo privado (\$ Miles de millones)	Cálculos del Banco de la República con base en información del DANE
INVPRIV	Inversión privada (\$ Miles de millones)	Cálculos del Banco de la República con base en información del DANE
ITCR	Índice de tasa de cambio real, el cual usa el IPP como deflactor.	Banco de la República

Con el propósito de medir en forma precisa el impacto de los choques petroleros sobre las variables macroeconómicas, se establecen las funciones impulso respuesta en términos de los datos observables mediante los modelos *VAR-PCT* para frecuencias mixtas, siguiendo a (Marcelino y Schumacher 2010). En este trabajo, se adopta la metodología de observaciones faltantes para los datos de alta frecuencia, interpolando las series trimestrales a intervalos mensuales, de acuerdo con la estrategia inicialmente propuesta por (Chow y Lin 1971)⁷.

Para la implementación de la metodología *VAR – PCT* con frecuencias mixtas se realizó el análisis estándar sobre las características de las series de tiempo consideradas en el modelo. De acuerdo con (Enders 2003), a las series desestacionalizadas se les realizaron las pruebas estadísticas de raíz unitariapropuesta por Dickey Fuller Aumentada (*ADF*), usando un esquema de selección de los regresores determinísticos. Adicionalmente, se efectuó la prueba de

⁷ La implementación de la metodología se basa en el análisis de regresión, teniendo en cuenta el comportamiento de las series de tiempo consideradas en el modelo.

Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (KPSS). Los principales resultados se presentan en el Anexo 1. Con base en los aspectos teóricos presentados en la sección 3, se realizó la identificación del orden del modelo *VAR-PCT* en forma recursiva, de la siguiente forma: precio, producción, ITCR, consumo, inversión y deuda del gobierno nacional.

Por otra parte, de acuerdo con el procedimiento de inferencia estadística basado en el *muestreador de Gibbs* se generaron 10,000 muestras descartando las primeras 1000. En el Anexo 2 se presentan las funciones de autocorrelación muestral, la trayectoria de la muestra y la función de densidad posterior para algunos parámetros seleccionados. Después de descartar el periodo de entrenamiento, se observa que la trayectoria es estable, lo cual indica que la cadena produce muestras no correlacionadas. En el Anexo 3 se presentan las estimaciones de la media posterior de los parámetros, sus desviaciones estándar, el intervalo de credibilidad del 95%, el diagnóstico de convergencia con la estadística *CD* y el factor de ineficiencia propuesto por (Geweke 1992). De lo anterior podemos concluir que, con base en la estadística *CD*, la hipótesis nula de la convergencia a la distribución posterior no se rechaza y el factor de ineficiencia es bajo relativo al número de muestras, lo cual indica que el muestreo de los parámetros y de las variables de estado es eficiente.

6. Resultados

En esta sección se presentan los resultados cuantitativos del modelo *VAR-PCT*. En primer lugar, se muestran las volatilidades de los choques para el periodo bajo estudio, haciendo énfasis en las variables petroleras. Posteriormente, se realiza un análisis de las funciones impulso respuesta, seleccionando algunas fechas relevantes de acuerdo con el comportamiento histórico de las variables.

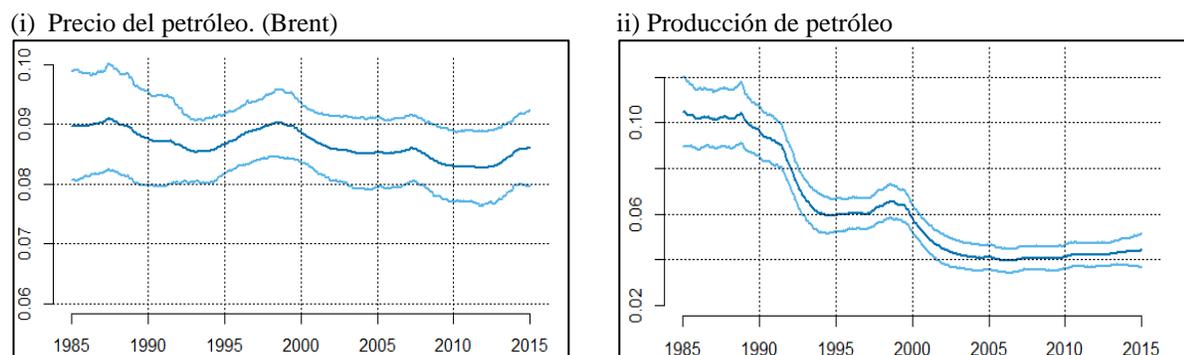
En la Gráfica 10 se observa la volatilidad estocástica de los choques estructurales para las seis variables consideradas en el modelo *VAR-PCT*. Las gráficas incluyen el intervalo de credibilidad construido para los cuantiles 16 y 84 de la desviación estándar del choque. De acuerdo con la dinámica de las volatilidades se observa la presencia de diversos patrones de heteroscedasticidad entre los choques de las variables a través del tiempo. Por ejemplo, en la Gráfica 10 (i) se observa la evolución de la volatilidad del choque del precio del petróleo, el cual

presenta fluctuaciones a lo largo del periodo. Se destaca el incremento de la incertidumbre alrededor del año 1999 y al final de 2014. En el primer caso, el incremento de la volatilidad se puede asociar con las condiciones económicas adversas de ese momento y con la disminución sorpresiva del precio. En el segundo caso, la mayor incertidumbre, a partir del segundo semestre de 2014, se asocia con la caída drástica del precio del petróleo en el mercado internacional.

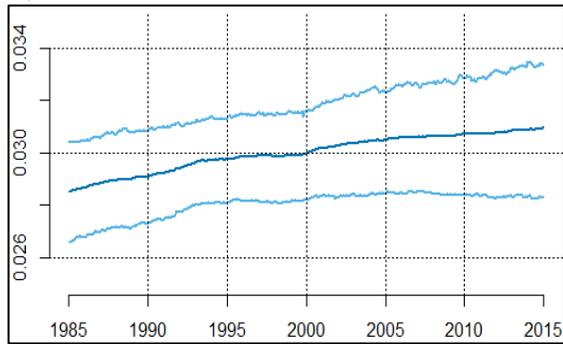
La Gráfica 10 (ii) presenta la dinámica de la volatilidad de los choques de la producción petrolera. Durante el periodo 1985-1993 se observa una volatilidad relativamente alta, la cual se asocia a los hallazgos de diferentes campos petroleros, como los de Caño Limón, Cusiana y Cupiagua, y a los cambios normativos sobre los contratos de asociación. Durante el periodo 1995-2000 la volatilidad se estabilizó debido al aumento sostenido de la producción. Posteriormente, los cambios de la producción han sido graduales.

La varianza del choque de la deuda muestra una tendencia levemente positiva durante el periodo analizado. Por su parte, los choques del consumo privado fueron más volátiles en el periodo 1985-1995 y, posteriormente, se estabilizaron en valores relativamente más bajos. La volatilidad del choque de inversión privada registra un aumento sostenido desde el año 2009. Finalmente, no hay evidencia de grandes cambios en la volatilidad de los choques de la tasa de cambio real. En resumen, la volatilidad de los choques estructurales de las diferentes variables ha registrado diferentes patrones de comportamiento durante el periodo analizado, lo cual justifica el uso de la metodología *VAR-PCT*.

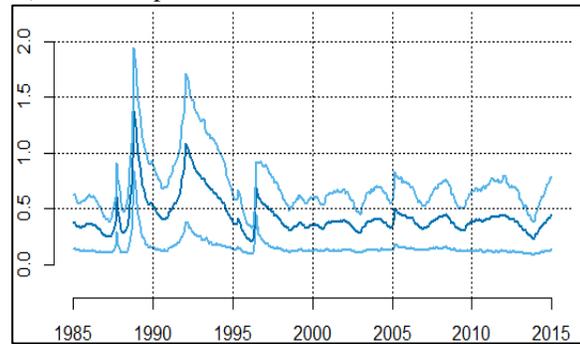
Gráfica 10: Estimaciones posteriores de la volatilidad estocástica de los choque estructurales



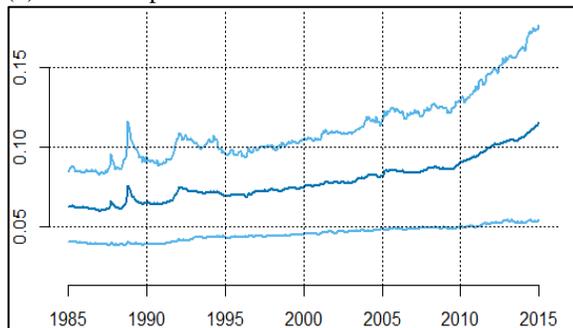
iii) Saldo de deuda



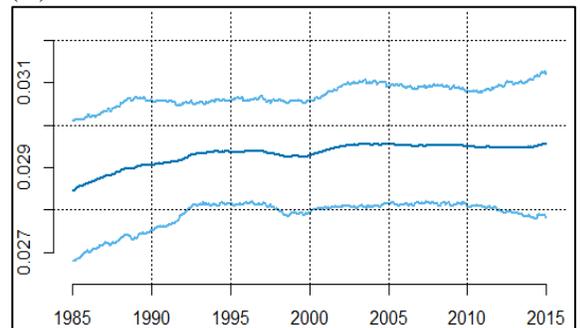
iv) Consumo privado



(v) Inversión privada



(vi) Índice de tasa de cambio real

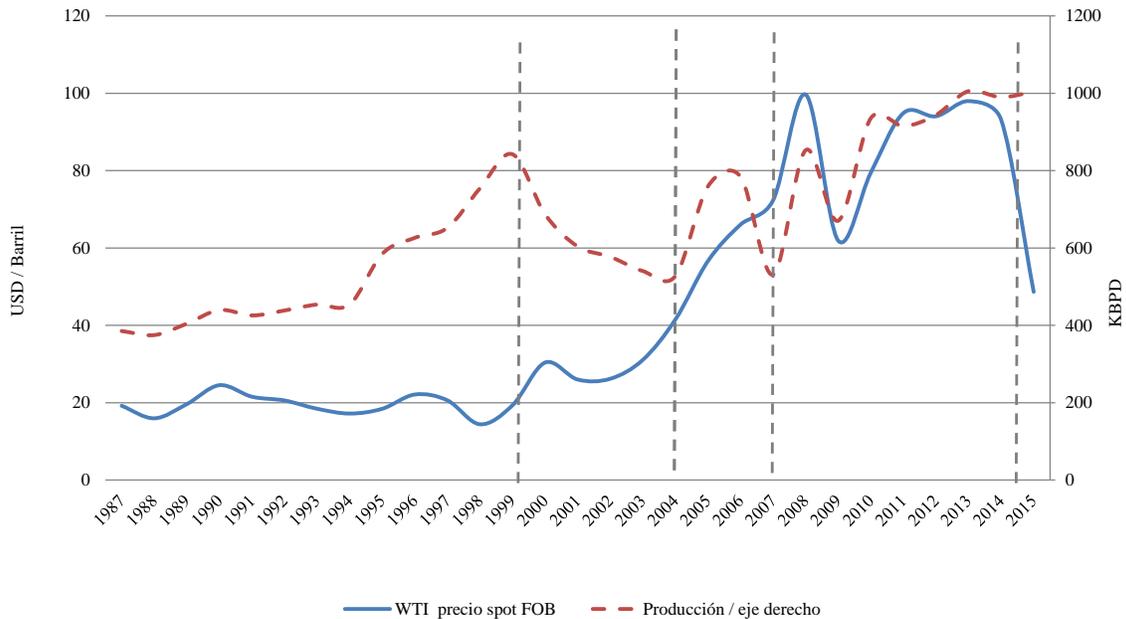


Fuente: Cálculo de los autores

A continuación se presentan las estimaciones de las funciones impulso respuesta obtenidas mediante el modelo *VAR-PCT* para evaluar la respuesta de las variables macroeconómicas ante los choques en el precio y en la producción de petróleo. La estimación se realiza para diferentes fechas representativas, las cuales fueron elegidas con base en los cambios observados en la tendencia de las variables de precio y producción de petróleo (Gráfica 11). Específicamente, las fechas escogidas son junio de 1999, enero de 2004, enero de 2007, y enero de 2015⁸. La primera fecha se caracteriza por precios cercanos a US\$ 20 y un nivel de producción aproximado a 800 KBPD. La segunda corresponde a un periodo en el cual se observa un crecimiento sostenido del precio y una reducción de la producción a menos de 600 KBPD. La tercera, refleja un aumento del precio del petróleo a US\$ 70 y, finalmente, la cuarta fecha representa la caída abrupta del precio del petróleo observada desde mediados de 2014.

⁸ Es importante anotar que la metodología permite calcular funciones impulso respuesta para cualquier fecha del periodo bajo estudio. Así mismo, la metodología puede ser utilizada para identificar fechas con base en los datos.

Gráfica 11: Precio WTI y producción de petróleo



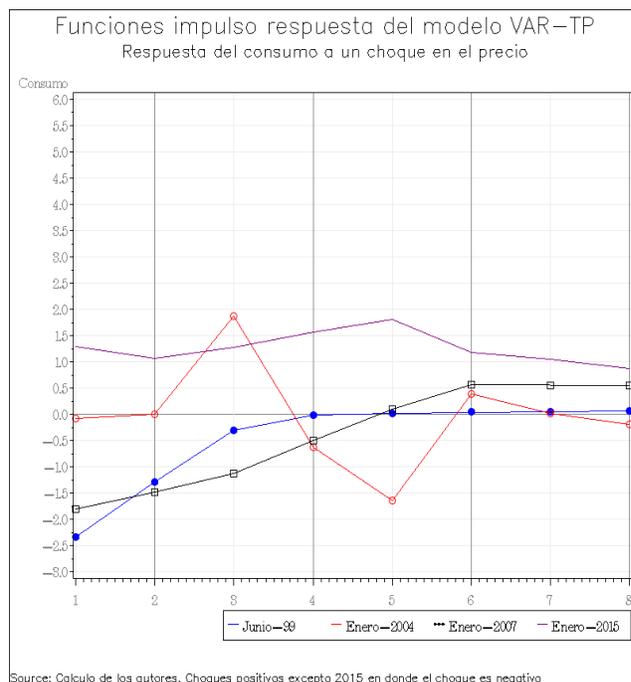
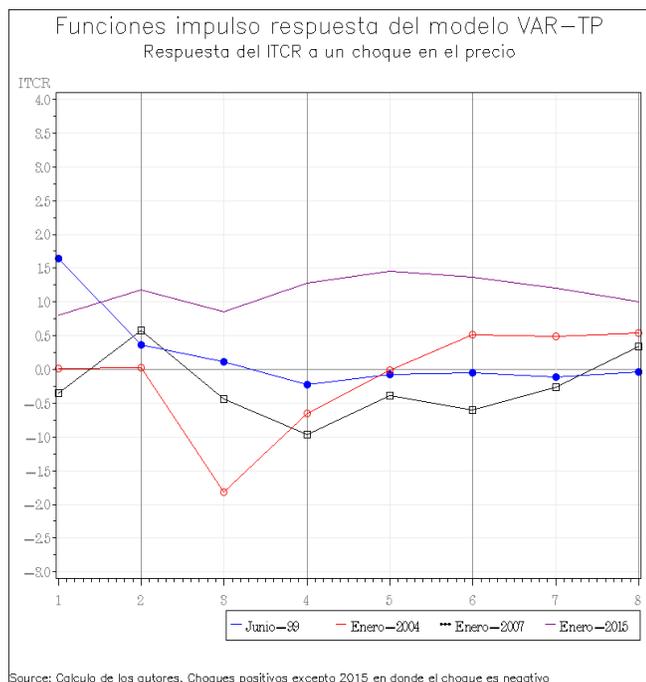
Fuente: EIA, ACP.

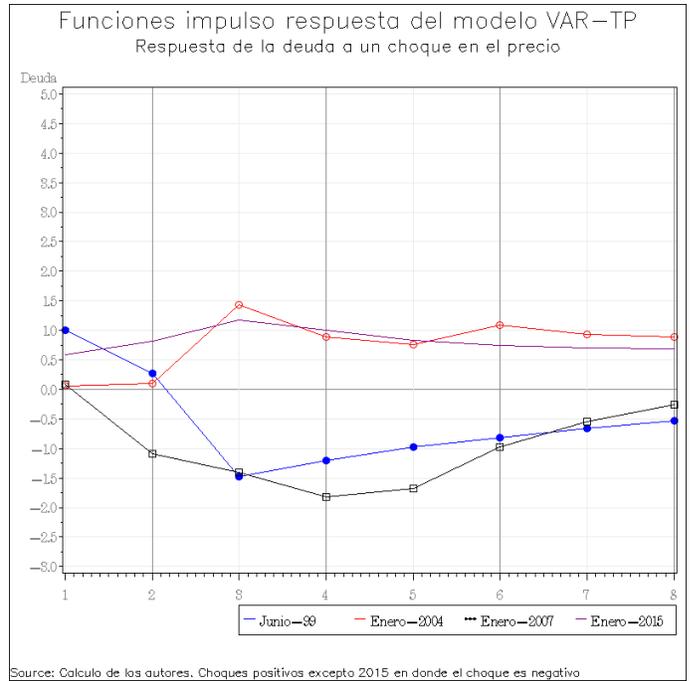
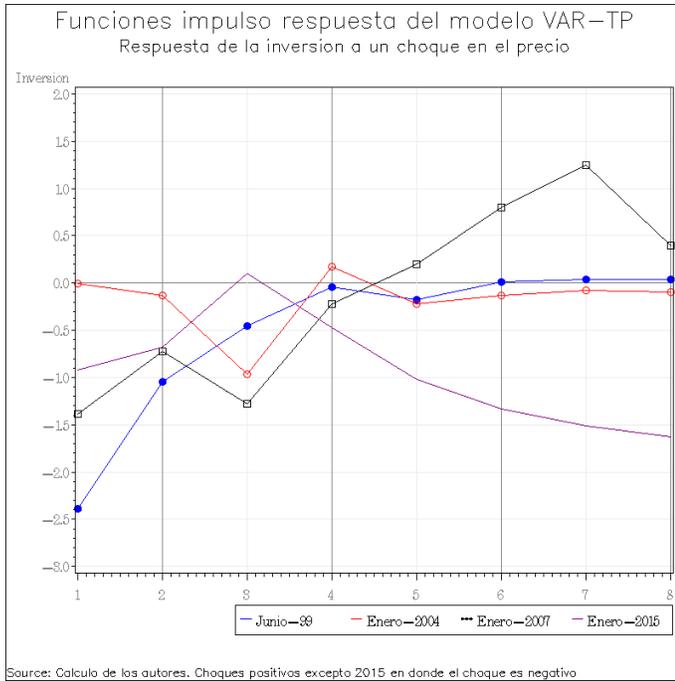
Las Gráficas 12 y 13 presentan las funciones impulso respuesta de los choques del precio y de la producción de petróleo sobre la tasa de cambio real, el consumo privado, la inversión privada y la deuda del gobierno nacional. De estas funciones se destaca que en los periodos con un choque positivo del precio, la tasa de cambio real no muestra variaciones significativas, excepto en enero de 2004, cuando se observó una tendencia creciente en el precio y en la producción de petróleo que generó una apreciación real. Por el contrario, el choque negativo del precio en enero 2015, refleja en una depreciación considerable y permanente de la tasa de cambio real, lo cual se explica por la importancia que el sector petrolero adquirió en la economía. De acuerdo con los resultados, un choque negativo del 10% en el precio generaría una devaluación de la tasa de cambio real de 8.1% un trimestre después. En el caso de los choques sobre la producción de petróleo, la respuesta de la tasa de cambio real sigue un comportamiento similar pero de menor magnitud frente al observado para el precio.

En cuanto a la inversión privada, los choques positivos y negativos al precio generan una respuesta lenta, lo cual refleja el ajuste gradual de los agentes económicos frente a la nueva situación que conduce a la revisión de sus programas y proyectos de inversión por el cambio de

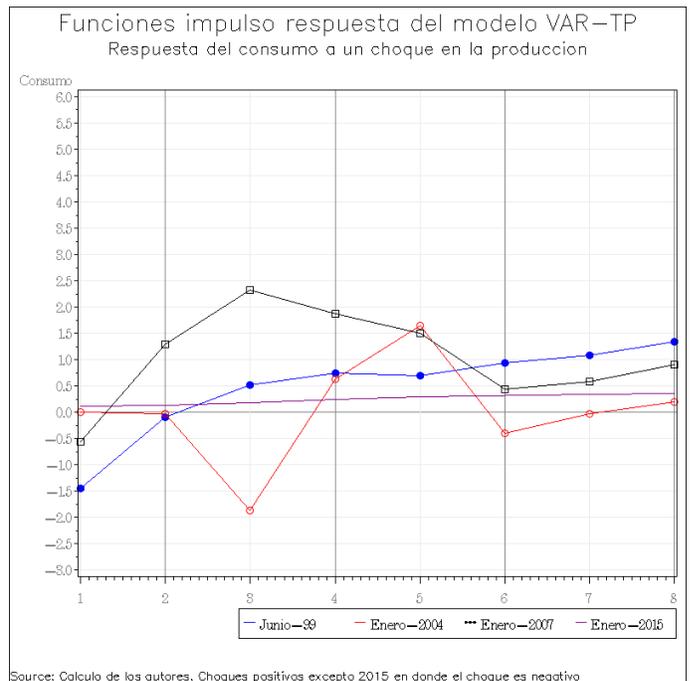
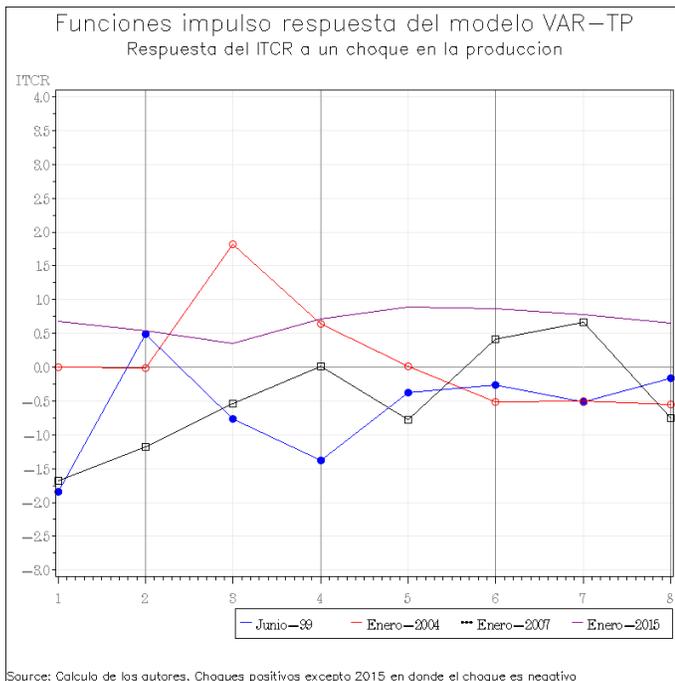
expectativas sobre el desempeño económico. De acuerdo con los gráficos 12 y 13, un choque positivo del precio en enero de 2007 causaría una respuesta favorable de la inversión a partir del cuarto trimestre. Así mismo, ante un choque negativo en enero de 2015, la inversión se reduciría de manera permanente a partir del tercer trimestre. Por el contrario, la evidencia sugiere que la respuesta de la inversión ante un choque negativo de la producción, en la última fecha, generaría un efecto a partir del segundo trimestre.

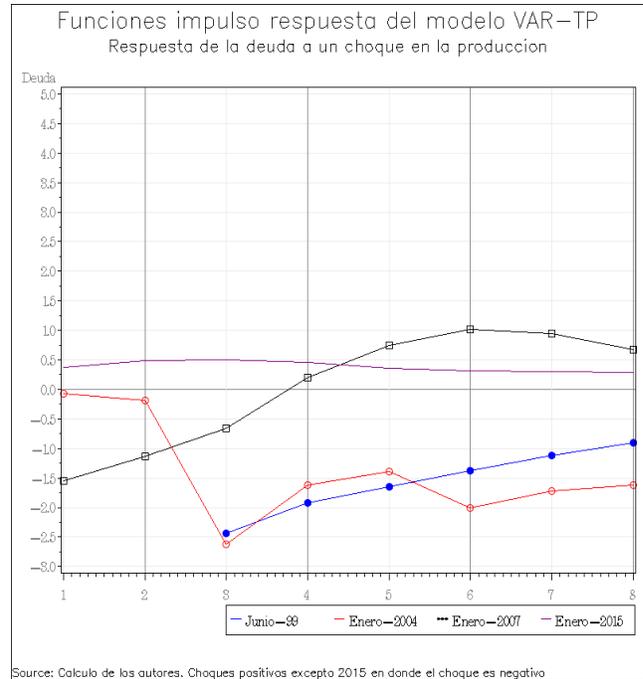
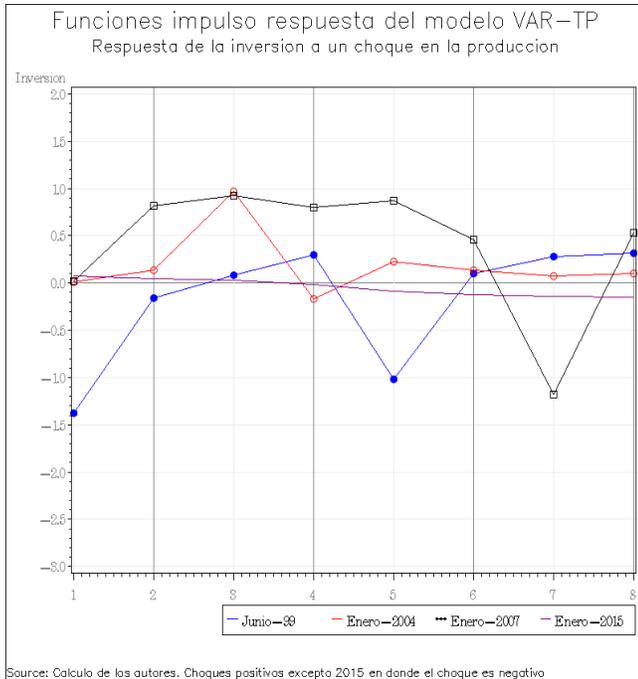
Gráfica 12: Respuesta de las variables del modelo a un choque en el precio del petróleo para los periodos determinados





Gráfica 13: Respuesta de las variables del modelo a un choque en la producción de petróleo para unos periodos determinados





Con respecto al consumo privado, en las fechas con choques positivos al precio, la variable se ajusta rápidamente. No obstante, la respuesta del consumo ante el choque negativo de los precios en 2015 es ambigua, durante el primer trimestre se reduce y posteriormente aumenta de manera gradual. Este resultado puede ser explicado por el hecho de que la muestra de datos solo contiene información hasta el final de 2015 y ello dificulta medir el proceso de ajuste de la variable en el mediano plazo. En el caso de la producción, los choques positivos generan un incremento rápido del consumo privado que luego se estabiliza en el mediano plazo.

Con respecto a la deuda pública, se observa que ante un choque positivo en el precio, esta variable responde con una disminución, excepto en enero de 2004, cuando aumentó alcanzando su máximo en el tercer trimestre. De otro lado, el choque negativo del precio internacional del petróleo del último periodo reflejaría un aumento de la deuda pública. La caída en el precio, que se observó a mediados de 2014, produjo una reducción de las rentas públicas, y en consecuencia, un deterioro de la situación fiscal, obligando a la Nación a elevar su nivel de endeudamiento. En 2014, las rentas petroleras representaban una quinta parte de los ingresos totales del gobierno, por lo que la caída del precio del crudo generó importantes reducciones en los ingresos percibidos por conceptos de dividendos e impuesto de renta a cargo del sector de

petróleo. Un choque negativo de 10% en el precio generaría un aumento de la deuda anual hasta de 8.9%.

Conclusiones

En este trabajo se realiza, en primer lugar, una descripción de los principales elementos de la historia del petróleo en Colombia, destacando los aspectos teóricos de las bonanzas y las crisis e identificando los canales a través de los cuales los cambios en el precio y en la producción de petróleo afectan las finanzas públicas, el sector externo y la actividad económica. En segundo lugar, se realiza un análisis econométrico para cuantificar el impacto de los choques en el precio y en la producción de petróleo sobre algunas variables macroeconómicas y fiscales, utilizando la metodología *VAR-PCT*, la cual tienen en cuenta que la relación entre las variables cambia a través del tiempo.

Desde una perspectiva histórica, las cifras permiten afirmar que frente a la bonanza de los noventa, el auge petrolero reciente tuvo mayor impacto económico y fiscal. La caída abrupta del precio del petróleo produjo una devaluación del tipo de cambio real, un desajuste en la cuenta corriente y una reducción de las rentas fiscales.

Sobre los resultados del ejercicio empírico cabe destacar que la volatilidad de los choques de las variables bajo estudio han registrado diferentes patrones de comportamiento durante el periodo, lo cual justifica el uso de la metodología *VAR-PCT*. Al analizar los resultados de las funciones impulso respuesta, se observa que en las fechas en las cuales se consideró un choque positivo en el precio, la tasa de cambio real no respondió con una variación significativa, excepto en enero de 2004, cuando se observó una apreciación real. Por el contrario, el choque negativo del precio en enero 2015, refleja en una depreciación considerable y permanente de la tasa de cambio real. De acuerdo con los resultados, un choque negativo del 10% en el precio generaría una devaluación de la tasa de cambio real de 8.1% un trimestre después.

Finalmente, un choque positivo en el precio produciría una reducción de la deuda pública, excepto en enero de 2004, cuando la respuesta fue positiva. El choque negativo del precio del petróleo observado recientemente se reflejó en un aumento de la deuda pública por la caída de las rentas fiscales derivadas del petróleo. De acuerdo con las estimaciones, una reducción del 10% en el precio del crudo reflejaría un aumento de la deuda anual hasta de 8.9%.

Referencias

1. Baffes, J, Kose,A, Ohnsorge, F y Stocker, M (2015). The Great Plunge in Oil Prices: Causes, Consequenses, and Policy Responses. Centre for Applied Macroeconomic Analysis. Working Paper 23 de 2015.
2. Caballero, C y Amaya, A. (2011). “La Fundación de Ecopetrol o el Pragmatismo de la clase Dirigente Colombiana”. En Benavides J. (2011), Ecopetrol energía limpia para el futuro. Panamericana formas e impresos S.A.
3. Chow and Lin(1971), "Best Linear Unbiased Interpolation, Distribution and Extrapolation of Time Series by Related Series", Review of Economics and Statistics, vol 53, pp 372-375.
4. Enders, W. (2008). Applied econometric time series. John Wiley & Sons.
5. Wei, W. W. S. (1994). Time series analysis. Reading: Addison-Wesley publ.
6. Geweke, J. (1992) Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to calculating posterior moments. In: Bernado,J.M. et al. (eds.) Bayesian Statistics 4. Clarendon Press, Oxford UK.
7. Marcelino, M. & Schumacher, C. (2010). Factor MIDAS for *nowcasting* and forecasting with ragged-edge data: a model comparison for German GDP. Oxford B. Econ. Stat., 72(4), 305–9049.
8. Martínez, A. (2011). “Macroeconomía y Petróleo en Colombia, 1951-2011”. En Benavides J. (2011), Ecopetrol energía limpia para el futuro. Panamericana formas e impresos S.A.
9. Nakajima, J., Kasuya, M & Watanabe, T. (2009). "Bayesian Analysis of Time-Varying Parameter Vector Autoregressive Model for the Japanese Economy and Monetary Policy," Global COE Hi-Stat Discussion Paper Series gd09-072, Institute of Economic Research, Hitotsubashi University.
10. Perry, G y Olivera, M. (2009). “El Petróleo en la Economía Colombiana”. En Perry y Olivera (2012), Petróleo y Minería: ¿bendición o maldición?. Banco Mundial, Fedesarrollo, y Gobierno de España.
11. Pieschacon A (2009). “Oil booms and their impact through fiscal policy”. Stanford University mimeo.
12. Primiceri, G. (2005). “Time Varying Structural Vector Autoregressions and Monetary Policy. Northwestern University and NBER.

13. Puyana, A y Thorp, R (1998). “Elementos Teóricos Para el Estudio del Impacto Sectorial de la Bonanza Petrolera”. En TM editores, Flacso/México, IEPRI, Colombia: Economía Política de las Expectativas Petroleras.
14. Sachs, J y Larraín, B (1994).”Bienes Transables y no Transables”. En Prentice Hall Hispanoamericana, S.A, Macroeconomía en la Economía Global.
15. Toro, J, Garavito, A, López, C y Montes, E (2015). El choque petrolero y sus implicaciones sobre la economía colombiana. Borradores de economía, 906.

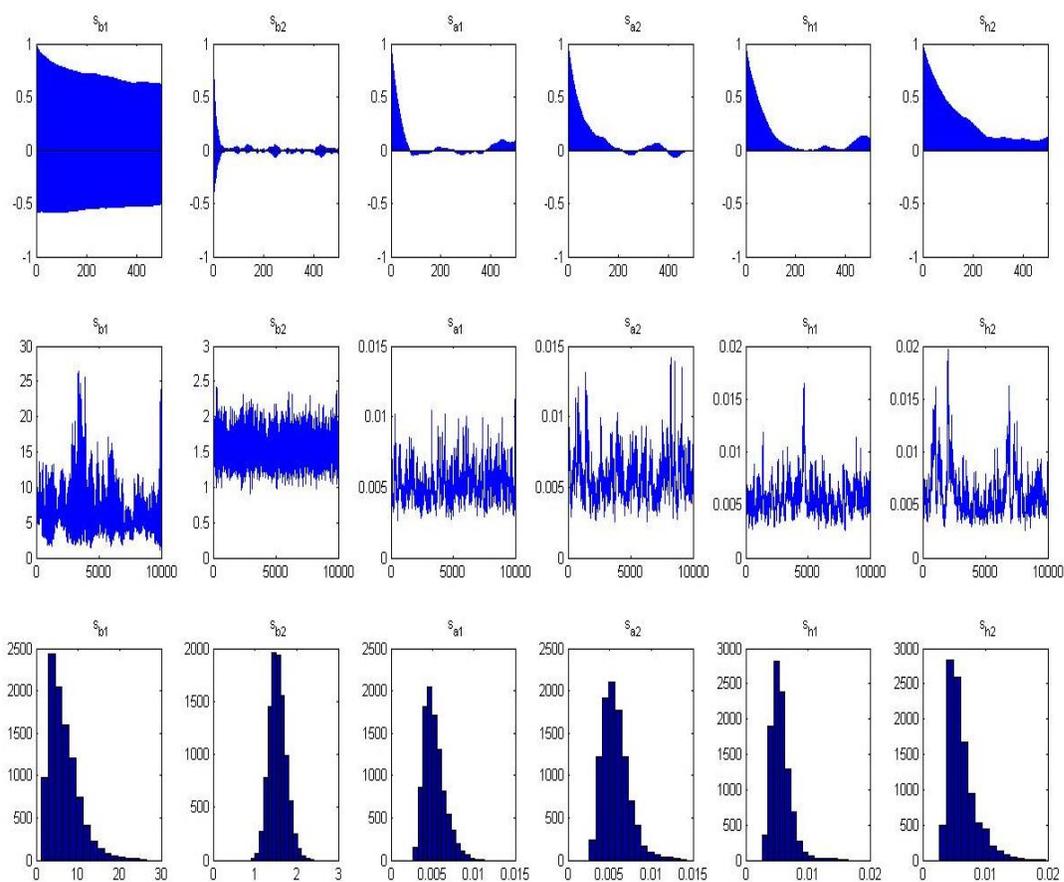
Anexo 1: Resultados de pruebas de raíz unitaria Dickey Fuller Aumentada (ADF) y Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (KPSS)

		PRECIO BRENT	Δ PRECIOBRENT	PRODUCCIÓN	PRODUCCIÓN	ITCR	Δ ITCR
ADF	Tendencia + Constante	-2.5721	-6.3847*	-2.3204	-3.4608	-2.5842	-11.0344*
	Constante	-2.0549	-6.2113*	-2.081	-3.2949	-4.5472*	-3.3454
	Ninguno	-1.5155	-6.1951	1.6127	-2.8895*	-0.7024	-3.346*
KPSS	Tendencia + Constante	1.3246	0.0948*	1.1608	0.0547**	0,1621	0.0557**
	Constante	2.0355	0.1404**	5,5393	0.1379**	0.2335**	0.1598**
		DEUDA	Δ DEUDA	CONSUMOPRIV	Δ CONSUMOPRIV	INVPRIV	Δ INVPRIV
ADF	Tendencia + Constante	-1.6141	-2.5705	-2.014	-5.4177*	-3.2851	-4.0476*
	Constante	-2.3216	-1.91	0.9099	-2.7664	-0.278	-4.0113*
	Ninguno	0.8801	-1.1803	2.425	-1.3701	1.5269	-3.678*
KPSS	Tendencia + Constante	0.6313	-2.5705	0.341	0.1292	0.1477	0.1621
	Constante	2,886	1,4513	2,8341	0.3083**	2,5738	0.0542**

(*) Denota rechazo de la hipótesis nula ($Y(t)$ tiene raíz unitaria) a un nivel de significancia del 1%. (**) Denota el no rechazo de la hipótesis nula ($Y(t)$ no tiene raíz unitaria) a un nivel de significancia del 1%.

Nota: Las series no estacionarias en niveles se diferencian. Previamente, se estabilizó la varianza con la transformación logarítmica para todas las series

Anexo 2: Resultados de la estimación del modelo VAR-PCT



Nota: autocorrelaciones muestrales (panel superior) , trayectoria de las muestras (centro) y densidades posteriores (inferior).

Anexo 3: Pruebas de convergencia

Parametro	Media	D.E	LS	LI	CD	Inef.
sb1	6.5902	3.5783	2.1386	15.7459	0.0670	41.8
sb2	1.5468	0.2028	1.1825	1.9714	0.0480	4.74
sa1	0.0052	0.0013	0.0034	0.0083	0.5080	51.26
sa2	0.0057	0.0016	0.0034	0.0097	0.1810	97.2
sh1	0.0056	0.0016	0.0034	0.0095	0.0501	107.93
sh2	0.0062	0.0022	0.0035	0.0122	0.2600	180.38

