

Incidencia de los precios del petróleo en el crecimiento económico y la inversión extranjera directa

en Colombia durante el periodo 1990-2010*

Impact of oil prices in economic growth
and foreign investment
in Colombia for the period 1990-2010

Jonathan Cortázar Camelo**
Elkin Linares Pinto***

Recibido: 9 de enero de 2015

Revisado: 10 de febrero de 2015

Aprobado: 16 de mayo de 2015

Resumen

El efecto macroeconómico derivado de la variación de los precios del petróleo puede llegar a ser representativo y tener una incidencia marcada. Sus efectos pueden estar

* Artículo de investigación presentado para optar al título de Maestría en Ciencias Económicas de la Facultad de Economía de la Universidad Santo Tomás.

** Magíster en Ciencias Económicas Universidad Santo Tomás. Correo: jonathan.cortazar@me.com

*** Magíster en Ciencias Económicas Universidad Santo Tomás. Correo: elklinares@gmail.com

influenciados por aspectos propios del mercado del sector de los hidrocarburos, los choques de oferta y la dinámica de su demanda, denotando las particularidades en el criterio para fijar los precios del crudo y su correspondiente volatilidad. Este documento verifica la incidencia que los precios del petróleo han tenido en el crecimiento y en la inversión extranjera directa para Colombia en el periodo comprendido entre 1990 y 2010, a través del uso de un modelo econométrico (VAR) con un (1) rezago sobre las variables consideradas. Los resultados de este estudio muestran que no existe evidencia que los precios del petróleo.

Palabras clave: petróleo, PIB, IED, precios, choques.

Clasificación JEL: Q32, Q33, Q38.

Abstract

The macroeconomic effect derived from the change in oil prices can be representative and have a marked impact. Its effects may be influenced by market specific aspects of the hydrocarbon sector, supply shocks and demand dynamics, denoting the particular criteria for fixing oil prices and the corresponding volatility. This document verifies the impact oil prices have had on growth and foreign direct investment in Colombia in the period between 1990 and 2010, through the use of an econometric model (VAR) with one (1) lag on the variables considered. The results of this study show that there is no evidence that oil prices have an impact on the growth of the Colombian economy and foreign direct investment.

Keywords: Oil, GDP, FDI, Prices, Shocks.

Classification JEL: Q32, Q33, Q38.

1. Introducción

Se puede considerar que los aumentos en los precios del petróleo acompañados de un crecimiento en la producción del mismo traen consigo un beneficio para las economías en general. Un aumento en el Producto Interno Bruto (PIB) y una mayor Inversión Extranjera Directa (IED), que pueden estar motivados por el aumento en los precios, invita a realizar una mayor exploración petrolera y explotación del crudo.

En la economía colombiana, el sector petrolero ha ocupado un papel importante desde los años noventa ya que ha representado más del 20 % del total de exportaciones del país y ha absorbido una alta participación de la IED en Colombia. En consecuencia, este es un sector en auge del que vale la pena investigar su dinámica económica, especialmente, en las últimas décadas.

Un hecho que apoya esta observación se fundamenta en el contraste que se puede apreciar entre la evolución de los precios internacionales del crudo y los índices de IED y de PIB en Colombia durante el periodo de estudio (1990-2010). Vistos bajo una óptica tradicional e intuitiva, se puede considerar que, para el caso colombiano, los precios internacionales del petróleo podrían haber incentivado un incremento de la IED y, además, tener un peso preponderante en el crecimiento de la economía del país. Esto se podría evidenciar en el PIB nacional a través de ingresos por renta petrolera y aportes al Estado en términos fiscales.

No obstante, los resultados observados en periodos de bonanza petrolera no siempre han sido consecuentes con la dinámica económica y sus posibles efectos en el orden social y económico del país. También se ha observado que la actividad petrolera ha incrementado su participación porcentual dentro del PIB colombiano, con lo que el país ha presentado una creciente dependencia de dicha actividad. Al tener estos aspectos en cuenta, se percibe una problemática cuyas causas y efectos son susceptibles de ser analizados por trabajos futuros.

Surge entonces la inquietud que motiva el presente estudio: ¿Los precios internacionales del petróleo han tenido incidencia en el crecimiento económico y en la inversión extranjera directa en Colombia durante el periodo de 1990-2010? Responder a esta pregunta conforma el objetivo de este trabajo. Varias fuentes bibliográficas afirman que la volatilidad de los precios del hidrocarburo se considera como un elemento de alta incertidumbre, ya que los precios pueden verse afectados por causas como la renta diferencial, decisiones de orden político, presiones monopolísticas, colusión implícita, el margen de utilidad (*markup*), entre otros.

La hipótesis que conduce este estudio es, entonces: “Los precios internacionales del petróleo han tenido incidencia en el crecimiento económico y en la inversión extranjera directa en Colombia durante el periodo 1990-2010.”

Para la evaluación de la hipótesis se considera como variable exógena el precio del petróleo WTI (*West Texas Intermediate*) y como variables endógenas el PIB y la IED. El aporte de este documento consiste en el estudio de la dinámica económica de las variables, su articulación con modelos teóricos y su evaluación econométrica, de tal manera que, a través del uso de un modelo econométrico (VAR) con un (1) rezago sobre las variables consideradas, se pueda aceptar o rechazar la hipótesis propuesta.

Se decidió utilizar la delimitación temporal 1990-2010 porque durante este periodo se presentaron dinámicas interesantes para el estudio: la Guerra del Golfo Pérsico a comienzos de los noventa y en Colombia, a finales de los ochenta, el descubrimiento del yacimiento petrolero de Cusiana, la aprobación de la Constitución de 1991 –en la que se le asignó mayor proporción de regalías a las regiones del país– y la gestión del gobierno Barco que introdujo cambios a los contratos de asociación, incrementando la participación del Estado en la actividad petrolera. Desde mediados de la década de los 2000 se consolidó una reestructuración del sector de hidrocarburos en Colombia, iniciando con la creación de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), la cual tomó de Ecopetrol su labor como administradora y reguladora de los recursos hidrocarburíferos de la nación. Además, desde 2007 se consolidó la transformación de Ecopetrol en una empresa de economía mixta gracias a la inversión privada, su ingreso al mercado bursátil, su incursión en nuevas áreas estratégicas y, finalmente, la emisión de deuda por US\$420 millones a finales de 2010, lo que cierra el periodo de estudio.

2. Aspectos teóricos y antecedentes

Desde el punto de vista teórico se usó como referencia el tema correspondiente a las fluctuaciones económicas, definida por los impactos y las respuestas a los choques de oferta, detallando su relación con la productividad, la renta y los precios. De esta manera, se pretende encontrar un sustento que pueda ayudar a comprender el comportamiento de variables macroeconómicas como el PIB y la IED, que son objeto del presente estudio como contestación a tales impulsos.

2.1. Ciclos económicos en equilibrio competitivo

Se explora la idea de que las fluctuaciones de la macroeconomía pueden estar explicadas por los efectos que generan los choques en una economía competitiva, suponiendo que las fluctuaciones macroeconómicas pueden explicarse sin recurrir a las imperfecciones del mercado en los choques de demanda. Es así como el enfoque de este trabajo se apoya en los siguientes modelos:

2.1.1 Choques multiplicativos en los modelos de Diamond y Ramsey

Choques de productividad en el modelo de Diamond

De acuerdo con Blanchard (1989), los choques de productividad que afectan la producción en el periodo corriente pueden conducir a un mayor consumo, a un aumento del ahorro y, por consiguiente, a una mayor acumulación de capital. Debido a que el aumento de la acumulación de capital conduce a una mayor producción, los choques de productividad conducen a una respuesta correlacionada de salida.

Por razones de simplicidad, el tamaño de cada generación de población se normaliza a uno. La función de producción se asume como Cobb-Douglas, con la producción dada por la siguiente ecuación:

$$Y_t = U_t K_t^\infty L_t^{(1-\infty)} = U_t K_t^\infty \quad [1]$$

En donde U es el nivel de productividad, K es el capital y L es el trabajo. El tercer término de la igualdad resulta de la normalización de la fuerza laboral. Y_t es la producción bruta durante el periodo de estudio. Es importante comprender que el capital se deprecia totalmente luego de un (1) periodo.

El modelo de Diamond parte del supuesto de que un individuo nacido en el tiempo t suministra una unidad de trabajo y recibe una remuneración ω_t . A continuación, elige el consumo en el tiempo t , de forma que se maximice la utilidad esperada:

$$\ln C_{1t} + (1 + \theta)^{-1} E [\ln(C_{2t+1}) | t] \quad [2]$$

Sujeto a la restricción presupuestaria:

$$C_{2t+1} = (1 + r_t) (\omega_t - C_{1t}) \quad [3]$$

Usando un supuesto de utilidad logarítmica donde el consumo y el ahorro del primer periodo son proporcionales a los ingresos salariales e independientes de la tasa de interés. Esta tasa se asume estocástica, con lo cual se simplifica el modelo.

Permitiendo que S_t denote los ahorros de las nuevas generaciones, se obtiene $S_t = \omega_t - C_{1t}$,

$$S_t = \frac{\omega_t}{2 + \theta} \quad [4]$$

Entonces, aplicando las ecuaciones mencionadas, se puede obtener una ecuación diferencial estocástica del stock de capital:

$$K_{t+1} = \frac{(1 - \infty) * U_t * K_t^\infty}{2 + \theta} \quad [5]$$

El stock de capital de hoy, dado por los ingresos del trabajo, determina el ahorro y el stock de capital del periodo futuro.

Al linealizar la ecuación anterior –convertirla en un modelo lineal–, se obtiene:

$$k_{t+1} = b + \alpha \cdot k_t + u_t \quad [6]$$

Donde,

$$b \equiv \ln(1 - \alpha / 2 + \theta) \quad [7]$$

Usando un supuesto de utilidad logarítmica donde el consumo y el ahorro en el primer periodo son proporcionales a los ingresos salariales e independientes de la tasa de interés, la cual para este modelo se asume estocástica, simplificando el modelo.

El stock de capital del periodo actual determina la renta del trabajo que también es condicionante para el ahorro y el stock de capital del siguiente periodo.

$$\ln Y_t = (\infty \cdot b) + (\infty \cdot \ln Y_{t-1}) + \ln U_t \quad [8]$$

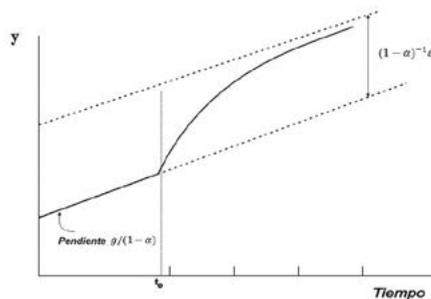
En este modelo existe una contribución de la acumulación de capital a la persistencia de los efectos de los choques tecnológicos en la producción.

De acuerdo con Blanchard (1986), un choque positivo de la productividad lidera un incremento en el consumo y los ahorros hacia mayores niveles de capital. Después de un tiempo, el capital regresa a sus niveles iniciales.

Las nuevas técnicas, una vez introducidas en el aparato productivo deben mantenerse siempre en este. Lo que quiere decir que el crecimiento de la productividad es un proceso de ruido blanco. Tomando este proceso para la productividad, se obtiene que:

$$\Delta \ln Y_t = g + \alpha \cdot \Delta \ln Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad [9]$$

Figura 1. Efectos en la productividad de un incremento de g en el tiempo t_0 .



Fuente: lectures on Macroeconomics. Competitive Equilibrium Business Cycles (Capítulo 7).

Como resultado de la acumulación de capital, el crecimiento de la producción está correlacionada con un coeficiente de correlación α . Los efectos de un choque positivo de la productividad con un incremento en ε , en el nivel de $\ln(Y)$. La producción aumenta por encima de su trayectoria de crecimiento inicial en el tiempo cero y aumenta a través del tiempo a una tasa más rápida que g .

Finalmente, la tasa de crecimiento vuelve a g pero el nivel de producción es más alto de lo que debería haber sido. El coeficiente α en la práctica tiene una alta probabilidad de ser pequeño y, por tanto, la acumulación de capital no amplifica la dinámica de los choques de productividad de manera significativa a través de este mecanismo en particular. De igual manera, prácticamente cualquier proceso estocástico que se desea para la salida se puede obtener especificando correctamente el proceso estocástico correspondiente para el choque de productividad. Por esta razón, para evaluar el papel de los choques de productividad en las fluctuaciones económicas es importante tener información independiente sobre el proceso estocástico de ellos.

Choques aditivos en un modelo lineal de Ramsey

Para este análisis se asume que la tasa de ahorro es constante e independiente del proceso seguido por la productividad.

Para obtener una idea de la dinámica en que la tasa de ahorro puede variar, se usa otro modelo simplificado, siempre basándose en el modelo de Ramsey, pero asumiendo que las perturbaciones de productividad son aditivas en lugar de multiplicativas y que la tasa de interés real es constante con lo cual no solo se afecta a corto plazo sino también a los efectos de largo plazo de los choques de productividad.

El cambio en el stock de capital es igual a la diferencia entre la dotación actual y el valor esperado descontado presente de las dotaciones actuales y futuras.

$$U_t = U_{t-1} + e_t - \alpha e_{t-1}, |\alpha| < 1 \quad [10]$$

Choques tecnológicos

Existen ciertos efectos de inventarios y choques tecnológicos sobre la actividad económica. El modelo es una variación del modelo de Ramsey, con utilidad y producción cuadrática y choques aditivos. Sin embargo, no se considera acumulación de capital y se analizará el comportamiento del inventario.

La función objetivo presenta productores-consumidores de vida infinita que optimizan:

$$E \left[\sum_{i=0}^{\infty} (1+\theta)^{-i} \left\{ -\left(\frac{d}{2}\right)(C_{t+i} - V_{t+i})^2 - \left(\frac{\alpha}{2}\right)(Y_{t+i} - U_{t+i})^2 - \left(\frac{b}{2}\right)(I_{t+i})^2 \right\} \mid \omega_t \right] \quad [11]$$

Sujeto a:

$$I_{t+1} = I_{t+i-1} + Y_{t+i} - C_{t+i}; \infty, b, d \geq 0 \quad [12]$$

Donde C_t denota consumo, Y_t representa producción e I_t a los inventarios del fin de periodo. El consumo no tiene que coincidir necesariamente con la producción pero puede coincidir con la desacumulación de inventarios.

Los consumidores tienden a maximizar el valor esperado del excedente del consumidor, el cual es la suma de tres términos que reflejan la utilidad del consumo, el costo de producción y el costo de desviarse del inventario objetivo. Mientras tanto, la producción depende del cambio esperado en inventarios así como en el choque tecnológico actual.

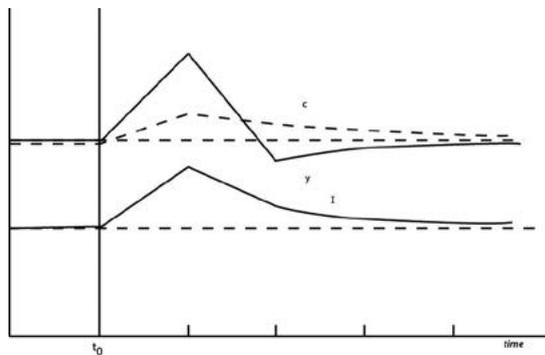
Los inventarios esperados dependen de los inventarios rezagados y futuros esperados así como en el choque tecnológico corriente. La producción depende negativamente de inventarios rezagados y positivamente de los choques tecnológicos del periodo.

En este modelo se llega a la siguiente ecuación para C_t :

$$C_t = (\infty + d)^{-1} [\infty (1 - \lambda) I_{t-1} + \infty(1 - \lambda) U_t] + aV_t \quad [13]$$

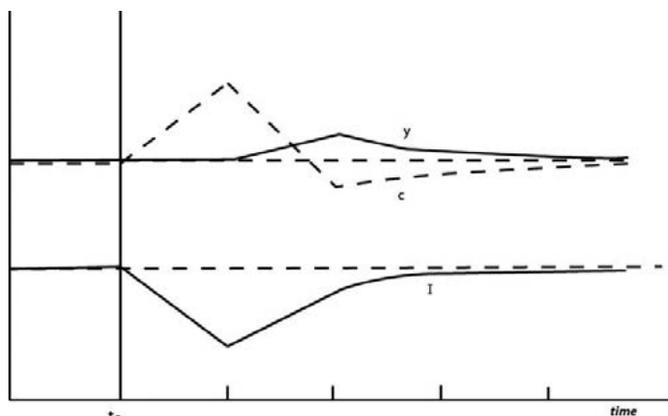
A partir de esta ecuación, la solución queda completamente caracterizada. Ahora se pueden estudiar los efectos dinámicos de los choques sobre los inventarios y la producción, que se presentan en las figuras 2 y 3:

Figura 2. Efectos de un choque tecnológico en la producción, consumo e inventarios



Fuente: lectures on Macroeconomics. Competitive Equilibrium Business Cycles (Capítulo 7).

Figura 3. Efectos de un choque de preferencias en la producción, consumo e inventarios



Fuente: lectures on Macroeconomics. Competitive Equilibrium Business Cycles (Capítulo 7).

Un choque tecnológico favorable ($U > 0$) aumenta inicialmente la producción y los inventarios, y el costo marginal más bajo de este periodo lleva a los productores a sustituir intertemporalmente para aumentar la producción en este periodo. El consumo también aumenta pero en menor proporción, lo que conlleva a una acumulación de inventarios. Con el tiempo, una menor producción y un consumo más alto implican que los inventarios retornan a su nivel inicial. Los choques tecnológicos no correlacionados en serie tienen una correlación serial negativa en la producción y una correlación serial positiva en el consumo.

Un choque positivo en preferencias ($V > 0$) inicialmente incrementa el consumo y disminuye los inventarios, de forma que la mayor utilidad marginal en este periodo conlleva a que los consumidores sustituyan intertemporalmente para consumir más en el periodo actual. Debido a que la producción está predeterminada, el incremento en el consumo lo satisface la desacumulación de inventarios. Luego de un tiempo, los inventarios se reponen a una tasa λ , mientras que la producción se mantiene en un nivel alto y el consumo disminuye hasta que los inventarios hayan vuelto a su nivel inicial.

En el caso en el que no se mantienen inventarios, el comportamiento del inventario óptimo probablemente aumenta la correlación serial de la producción con los choques de preferencias pero tiende a disminuir respecto a los choques tecnológicos. De igual manera, los choques de productividad positivos conducen, a través de la acumulación de capital, a una mayor correlación serial en la producción que en la productividad, así como son propensos a conducir a aumentos en el consumo, la inversión fija y el inventario, ajustando el comportamiento procíclico de estos tres componentes en la producción. De esta forma, los choques de productividad en un modelo de equilibrio parecen ser

capaces de explicar las características básicas de los movimientos del PIB. Las perturbaciones en las preferencias parecen ser menos capaces, al menos por sí mismas, para ajustarse a los hechos básicos; en este marco de equilibrio, los choques de preferencia conducen a grandes fluctuaciones en el consumo en relación con la producción y no generan el movimiento procíclico en el inventario y la inversión. Por otra parte, los choques de productividad tienden a estar débilmente relacionados entre sectores, lo que conduce, por la ley de grandes números, a agregar choques con varianzas relativamente pequeñas.

2.2. Autores que se han acercado al tema de investigación, énfasis en autores colombianos

El sector petrolero colombiano está viviendo una interesante dinámica con un crecimiento sostenido, generando cada vez mayor interés por su estudio. Sin embargo, no existe mucha información sobre la economía petrolera colombiana actual, tal y como indican algunos investigadores:

A pesar de su creciente importancia, la reducida información que existe sobre el petróleo y su economía no es muy difundida por fuera de algunos pocos círculos especializados. (López et al., 2012, p. 3)

A pesar de esta situación, en el tema de la investigación propuesta –impactos de los precios del petróleo en el crecimiento económico y la Inversión Extranjera Directa para Colombia– se pueden reseñar trabajos importantes como “El impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico en Colombia” elaborado por Juan Ricardo Perilla para el Departamento Nacional de Planeación (2009), en el que se analiza el efecto de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico colombiano a niveles agregado y sectorial aplicando series de tiempo. En dicho informe se concluye que existe un impacto de los precios del petróleo en el crecimiento económico pero que es asimétrico a nivel agregado. De igual forma, menciona que la dinámica de los precios habría tenido efectos cambiarios que facilitaron la importación de bienes intermedios y de capital pero que, a su vez, afectaron negativamente a las exportaciones sectoriales.

Hamilton (2005) establece que la primera alternativa de análisis en el impacto de los precios del petróleo se desprende de conocer la participación del sector petrolero sobre la producción agregada. Para verificar dicha causalidad, Perilla (2009) plantea una regresión simple donde el crecimiento del PIB (ΔPIB_t) es función de valores rezagados de las tasas de crecimiento trimestral del PIB y del precio del petróleo (ΔPpetr_{1-p} , tal y como se puede observar en la ecuación 14.

$$\Delta\text{PIB}_t = C + \Delta\text{PIB}_{t-p} + \Delta\text{Ppetr}_{1-p} + ds + dp + z_{1-3} + t|p = 1, 2, 3, 4 \quad [14]$$

La regresión se ejecuta con cifras en logaritmos y se ajustan para corregir sesgos estacionales. El modelo incluye variables *dummy* estacionales (Z_{1-3}), una variable de tendencia (t) que indica la existencia de una tendencia cuadrática en niveles, una variable *dummy* (ds) que recoge los efectos de la recesión económica que se dio entre 1997-3 y 1999-4 y, por último, una variable *dummy* (dp) que retoma el efecto de los altos precios internacionales que se registraron en 2008.

De acuerdo con el estudio que elaboró Perilla (2009) y a la literatura pertinente, se observa que la selección del precio de referencia del petróleo es vital para comprender su efecto sobre el crecimiento. Al evaluar por separado el impacto de precios positivos y negativos aparecen efectos asimétricos, ya que las recesiones causadas por incrementos de precios no son compensadas por una mayor expansión del crecimiento cuando se presenta una reducción de precios (Mork 1989, Mork et al 1994). Hamilton (2005) señala que no todos los cambios de precios son relevantes, ya que los cambios significativos de un precio máximo observado en el pasado pueden ser más adecuados que cambios de menor cuantía para explicar el impacto sobre el crecimiento. Por otra parte, la volatilidad es más relevante para captar dichos impactos que el cambio puntual de los precios, tal como lo menciona Ferderer (1996).

Para el estudio de los efectos asimétricos, Perilla (2009) verificó si los incrementos de los precios (ΔP_{pos}) tienen efectos diferentes sobre el crecimiento respecto a las reducciones netas (ΔP_{neg}) expresadas en términos de valor absoluto, en concordancia con las reglas planteadas por Mork (1989) sobre los incrementos en el precio del petróleo en un periodo determinado (ΔP_{petr}).

$$\Delta P_{pos_t} = \Delta P_{pos_t} \text{ si } \Delta P_{petr_t} > 0$$

$$\Delta P_{pos_t} = 0 \text{ si } \Delta P_{petr_t} < 0$$

$$|\Delta P_{neg_t}| = \Delta P_{petr_t} \text{ si } \Delta P_{petr_t} < 0$$

$$|\Delta P_{neg_t}| = 0 \text{ si } \Delta P_{petr_t} > 0 \text{ [15]}$$

Perilla (2009) modifica el indicador de Hamilton, ya que para contrastar la hipótesis de cambios significativos en el precio (ΔP_{max}) toma la diferencia del precio actual (ΔP_{petr}) respecto al precio mínimo observado en los tres últimos tres años ($\text{Min}(P_{petr_{t-1}} \dots P_{petr_{t-12}})$). Obtiene el indicador de la siguiente forma:

$$\Delta P_{max_t} = \Delta P_{petr_t} - \text{Min}(P_{petr_{t-1}} \dots P_{petr_{t-12}}) \text{ [16]}$$

$$\Delta P_{max_t} = 0 \text{ si } \Delta P_{max_t} < 0 \text{ [17]}$$

Para analizar el efecto de la volatilidad en los precios ($Vol_{q,A}$) se toma como criterio la desviación estándar registrada en cada trimestre (q) con respecto al precio promedio para los meses (m) que componen dicho trimestre.

$$Vol_{q,A} = (\sum_m (pp_{m,q,A} - (\sum_m pp_{m,q,A}/3))^2 / 2) m = 1,2,3; q = I,II,III,IV; A = 1990-2010 [18]$$

El estudio elaborado por Sánchez Villamil (2010) en su proyecto de grado analiza cómo la variación abrupta de los precios del petróleo afecta las variables macroeconómicas de una economía. La tesis de Sánchez Villamil muestra el comportamiento del crecimiento económico colombiano real en la medida en que se presentan fluctuaciones en el precio del petróleo y su relación con la inflación. Para ejecutar este análisis, Sánchez plantea un modelo VAR en el que considera el precio del petróleo, la inflación, el DTF, la tasa de cambio, las tasas de interés, el nivel de empleo y los salarios reales. El resultado de esta investigación indica que no hay una evidencia fuerte que relacione los choques del precio del petróleo con el crecimiento de la economía y la inflación.

Otra tesis de grado, elaborada por Johnny Humberto Vargas Restrepo (2010), profundiza en el impacto que tienen las exportaciones de hidrocarburos en el crecimiento económico colombiano, enfatizando en las teorías que relacionan los recursos naturales en el crecimiento económico, la evolución de la balanza de pagos entre 1970 y 2007, su relación con las exportaciones de petróleo y carbón, y un estudio empírico sobre la relación del petróleo y el carbón con la tasa de crecimiento. Vargas Restrepo concluye que, para el caso colombiano, la abundancia de recursos naturales no afecta, necesariamente, de forma negativa el crecimiento económico y, por lo tanto, es importante que se asuman políticas de desarrollo que contemplen los ingresos del sector de hidrocarburos en lugar de las políticas de estabilización que se implementaron durante su periodo de estudio (1970-2007).

Una investigación realizada por Óscar Espinosa y Paola Vaca (2012), habla sobre los impactos que tienen los precios internacionales del petróleo y los alimentos sobre diferentes sectores económicos en Colombia. También dedica un apartado para explorar la relación de estos precios con la inflación de los años 2010 y 2011. El resultado de su trabajo sugiere que los precios del petróleo y los alimentos son factores determinantes para la estabilidad macroeconómica del país, ya que altos volúmenes de dichos productos también se destinan a mercados internacionales; sin embargo, consideran que es importante el desarrollo de políticas gubernamentales que impidan el sobrecalentamiento de la economía colombiana y permitan el desarrollo de otros sectores productivos.

Respecto a la inversión extranjera directa (IED), cabe mencionar el trabajo de Humberto Bernal (2012) en el que se relatan los principales eventos relacionados con este tipo de inversión, enfatizando en la que se aplica en el sector petrolero; gracias a este sector, Colombia ha financiado gran parte de su consumo interno. Bernal también afirma que

el aporte del petróleo al capital y al trabajo para generar un alto valor agregado es mínimo (por ejemplo, bajo un incremento en la demanda del 10 %, el impacto en los principales sectores de la economía no es mayor al 0,5 %). Conociendo el pronto agotamiento de las reservas de crudo (aproximadamente, en siete años), Bernal establece los determinantes de la IED hacia ese sector para incrementar las reservas. El modelo que se utilizó se basó en la teoría de *Ownership Location Internalization* y en herramientas microeconómicas. Se verificó la significancia de los resultados mediante la estimación por mínimos cuadrados en tres etapas y vectores de corrección de errores. Dentro de sus resultados, Bernal encuentra que un determinante relevante es la variación del precio real del petróleo, ya que, según la estimación por mínimos cuadrados, un incremento del 1,0 % genera un crecimiento del 0,54 % en las utilidades agregadas extranjeras en el sector petrolero.

En el entorno latinoamericano, la CEPAL (2005) elaboró un análisis del impacto de la volatilidad de los precios del petróleo en América Latina; examinó la situación del mercado mundial y el papel que los países latinoamericanos (exportadores o importadores de crudo) tienen en el mismo. En el estudio también se revisó el comercio exterior de países y el impacto que podrían tener los precios del petróleo en las balanzas comerciales y PIB respectivos.

El Banco de la República (2012) generó dentro de sus conocidos *Borradores de Economía* un documento de dos partes titulado “La economía petrolera en Colombia”. En él se analiza la evolución del marco legal y contractual de dicha economía desde sus inicios y los efectos que ha tenido sobre el régimen fiscal. El documento también describe las características de la cadena productiva del petróleo y los aspectos más relevantes respecto a la IED y a las operaciones cambiarias que ejecuta la industria petrolera en Colombia. En su segunda parte, el texto analiza los vínculos que ha tenido el sector petrolero con los otros sectores económicos colombianos, destacando la importancia del sector dentro del PIB y los efectos económicos de la industria petrolera en el mercado cambiario, el encadenamiento con otros sectores, la balanza de pagos y los ingresos fiscales que se generan dentro de las actividades petroleras.

El aporte del presente documento consiste en determinar las implicaciones que el precio del petróleo durante el periodo 1990-2010 ha tenido sobre el crecimiento económico y la IED en Colombia, ya que estas variables son vitales para el desarrollo económico sostenido del país y es necesario conocer su correlación.

3. Dinámica económica del petróleo y de las variables macroeconómicas en Colombia durante el periodo 1990-2010

A continuación se analiza el comportamiento económico del petróleo, la fijación de su precio, las condiciones de oferta y demanda durante el periodo de estudio, la variación de los precios de referencia y el comportamiento de las variables en Colombia. Esta sección se articula con la anterior permitiéndonos contrastar los modelos teóricos con las estadísticas que resultaron de observaciones empíricas de las variables.

3.1. Fijación del precio del petróleo

Según Espinosa y Vaca (2012), la fijación de precios del petróleo está categorizada por cinco elementos: (i) demanda estructural del crudo, (ii) el costo de producción de cada nuevo barril de petróleo, (iii) el ritmo con el que se amplía la capacidad de producción del petróleo, (iv) la economía financiera y (v) los riesgos geopolíticos.

La demanda estructural del crudo está correlacionada con el dinamismo económico de los países especialmente emergentes¹, ya que sus industrias dominantes son consumidores importantes de energía. En Colombia, no obstante, el consumo se ha mantenido en niveles relativamente estables.

El costo de producción de un nuevo barril de petróleo es aún más determinante para países que no pertenecen a la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), ya que estos asumen unos altos precios en exploración, explotación y transporte.

Otro determinante de los precios del petróleo es la economía financiera. Especialmente, por el alto componente especulativo articulado con inversiones que son negociadas por diversas entidades financieras, haciendo del petróleo un bien con precios más volátiles.

Se ha encontrado también una relación entre el comportamiento del dólar y la volatilidad de los precios del petróleo: si el valor del dólar cae, los productores reaccionan aplicando una compensación a su pérdida de ingreso mediante un movimiento en los precios del crudo.

Cabe hacer la salvedad de que en el mercado del petróleo no es posible contextualizar este proceso bajo el sustento teórico de las leyes de oferta y demanda. Bajo esta premisa, es posible encontrar cómo la OPEP rompe con el esquema de libre juego de estas

1 Los países emergentes son aquellos cuyas economías se encuentran en acelerado desarrollo económico partiendo de un estado de subdesarrollo y presentan incremento notorio en relaciones comerciales con otros países; dentro de los países emergentes se destacan China, India, Rusia y Brasil.

fuerzas, al momento de incrementar precios por libre disposición o por insuficiencia para solventar la demanda del momento.

3.2. Evolución del precio del petróleo en el periodo de estudio

Desde el año 1985, Colombia utilizó como precio de referencia el del crudo WTI (West Texas Intermediate), el cual tuvo un crecimiento sostenido desde el año 2002, llegando a un pico de 145 dólares por barril en julio de 2008; sin embargo, desde finales de 2008 hasta febrero de 2009 se presentó un descenso en la cotización del precio del barril para luego volver a su tendencia al alza.

Estos cambios en los precios dentro del periodo de estudio se vieron afectados por la Guerra del Golfo Pérsico, que causó escasez y aumento de producción por parte de la OPEP junto a la reanudación de producción de Iraq, con sostenida tendencia al alza hasta el 2008, año en el que se presenta la crisis hipotecaria de los EEUU.

3.3. Comportamiento mundial del sector petrolero en el periodo de estudio

3.3.1. Demanda de petróleo

En este caso, las causas de la volatilidad de los precios del crudo pueden darse por aspectos del mercado, entendiendo que su demanda es inelástica, o por factores de especulación. El bajo consumo que se presenta en regiones compuestas por los países en vías de desarrollo, cuyo porcentaje de demanda se encuentra entre un 14 % y un 20 % en el periodo de estudio, no se considera representativo frente al consumo que se aprecia en América del Norte, Europa/Eurasia y Asia-Pacífico.

3.3.2. Oferta de petróleo

Elementos de orden geopolítico inciden de forma sustancial en la provisión del crudo. De esta forma, se establece un tratamiento diferencial a la oferta, que puede diferir entre choques de oferta determinados por factores políticos y económicos, como es el caso de los países integrantes de la OPEP², o por factores de mercado como mecanismos usados por los países no miembros de la OPEP para establecer sus precios.

Al observar la participación en producción por parte de los países miembros de la OPEP con respecto a los países no integrantes de esta organización (entre los cuales se incluye Colombia), se aprecia su predominio a inicios de los años noventa, con volúmenes

2 Los países miembros de la OPEP son: Arabia Saudita, Argelia, Angola, Qatar, Ecuador, Emiratos Árabes Unidos, Irán, Iraq, Kuwait, Libia, Nigeria y Venezuela. Gabón e Indonesia también fueron miembros de la OPEP pero se retiraron en 1994 y 2009, respectivamente.

de 30000 KBPD frente a 24000 KBPD de los países de la OPEP. En el año 2000, la producción era de 35900 KBPD por parte de los países no miembros y 31000 KBPD de países de la OPEP. Solo hasta mediados de la década del 2000 los países miembros de la OPEP logran alcanzar niveles similares de producción a los países no miembros, situándose en 35000 KBPD por cada uno de ellos. Es evidente que el comportamiento de la producción y oferta de petróleo mundial se caracteriza por la fuerte influencia que ejerce la OPEP, sus intereses y sus decisiones respecto a la cantidad de producción de crudo para estimular el precio del barril.

En los últimos años del periodo de estudio, en Colombia se ha visto un aumento en la producción de hidrocarburos después de la implementación de una serie de reformas regulativas para hacer que el sector del petróleo y el gas natural fuese más atractivo para los inversionistas extranjeros. El gobierno implementó una privatización parcial de la petrolera estatal Ecopetrol, que ha incursionado en mercados bursátiles desde la segunda mitad de la década del 2000.

A comienzos de la década del 2000, Colombia implementó reformas ante un panorama de disminución en las reservas y en la producción petrolera. Así, mediante el Decreto 1760 de 2003 se trasladaron las funciones administrativas y normativas de los recursos de hidrocarburos de Ecopetrol a la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), para que este nuevo organismo se encargara de la regulación de todas las actividades de exploración y producción mientras que el Ministerio de Minas y Energía administra la política petrolera y la planificación de la coordinación general.

Tal como comenta la EIA (2014), el Gobierno de Colombia ha tomado medidas para que el clima de inversión sea más atractivo para las empresas petroleras extranjeras. Las iniciativas del sector dan a las compañías petroleras extranjeras el derecho a poseer 100% de participación en negocios de petróleo y competir con Ecopetrol. Además, el Gobierno ha vendido acciones de Ecopetrol a inversionistas privados, reduciendo su participación a aproximadamente el 90%. Estas reformas han despertado un renovado interés en el sector de hidrocarburos en Colombia, con niveles récord de perforación exploratoria y de desarrollo en curso.

La producción petrolera de Colombia, considerando sus proporciones frente a la producción mundial, creció desde el 2005 debido al aumento de la exploración y explotación del crudo. Este aumento ha sido impulsado por la reforma regulatoria. En el año 2010 se produjeron 786 KBPD, lo que representa un incremento del 49% respecto a los 526 KBPD producidos en 2005. Debido a que Colombia consumió en promedio 240 KBPD durante el periodo de estudio, pudo exportar la mayor parte de su producción petrolera.

Antes de 2008, la producción petrolera de Colombia se había estancado durante algunos años, después de un período de declive constante que comenzó en 1999, cuando la producción petrolera de Colombia alcanzó un máximo de 830 KBPD. La EIA (2014) cita como causa principal de la caída de la producción petrolera la disminución natural en campos de petróleo existentes y la falta de nuevos descubrimientos de reservas. Sin embargo, una combinación de cambios en el marco regulatorio ha contribuido a aumentar la inversión en el país por parte de las compañías petroleras internacionales. Como resultado de estas mejoras, en 2008 Colombia detuvo la disminución de su producción de petróleo, que provenía desde 1999, y experimentó un rápido crecimiento (pasando de 531 KBPD en 2007 a 588 KBPD en 2008 y a 671 KBPD en 2009).

La mayor parte de la producción de crudo de Colombia se produce en las estribaciones de los Andes y la selva amazónica, aunque el departamento del Meta también representa un área importante de producción de petróleo crudo predominantemente pesado. La cuenca Llanos contiene el campo petrolero Rubiales, el productor de petróleo más grande del país³. Otros campos petroleros importantes son Caño Limón en el departamento de Arauca, Castilla en el departamento de Meta y Cupiagua en el departamento de Casanare.

3.3.3. Reservas de petróleo

El seguimiento a las reservas permite establecer un indicador para la práctica de la especulación realizada por entidades como la OPEP, con el fin de ejercer un mayor dominio en sus políticas de precios al presionar la oferta mediante restricciones. De esta forma se obtienen impulsos al alza de precios, acentuando la elasticidad de la oferta como efecto de su aparente escasez, beneficiando la rentabilidad y los beneficios de los productores mediante el mantenimiento de *stocks* de producto con el fin de acentuar su desabastecimiento y trasladar el efecto sobre los precios por reacción del mercado.

3.4. Producto interno bruto e inversión extranjera directa en Colombia durante el periodo 1990-2010

Se destaca la presencia de tres choques en el precio del petróleo que tuvieron diferentes impactos en las economías durante el periodo de estudio⁴: 1990, 2003 y 2008.

3 El campo petrolero de mayor producción en el país es el campo de crudo pesado Rubiales, ubicado en el departamento de Meta y operado por la sociedad de Pacific Rubiales y Ecopetrol. A finales de la década de 1980 se comenzó la producción, pero el aumento de las inversiones y la finalización de un nuevo gasoducto han permitido que las tasas de producción se hayan incrementado. La producción bruta en Rubiales superó los 177 KBPD en 2012, frente a los 37 KBPD en 2008.

4 Etapas de crisis o auge de los precios de petróleo, causadas por variaciones drásticas en un periodo corto de tiempo.

3.4.1. Comportamiento de las variables en el periodo 1990-2002

Respecto al PIB colombiano, el impacto generado por la crisis del Golfo no se hizo esperar, con una disminución del 61.66 % entre el año 1990 y 1991, al pasar del 6 % al 2.3 %, respectivamente.

Por el lado de la IED, se observa que entre 1990 y 1991, al igual que lo sucedido con el PIB, disminuyó su crecimiento para luego recuperarse entre 1992 y 1997, años previos a la crisis económica colombiana de finales de los noventa. No obstante, en paralelo al choque de la oferta mundial de crudo en 1990, la exploración petrolera hizo hallazgos que permitieron que Colombia recobrara su condición de país productor y exportador de petróleo⁵. El hallazgo de pozos como Cusiana y Cupiagua se presentó de forma paralela al choque petrolero mundial de comienzos de los noventa, con lo que se incrementó la renta petrolera para Colombia debido al aumento simultáneo de la producción y de los precios.

3.4.2. Comportamiento de las variables en el periodo 2003-2007

Entre 2002 y 2003 ocurrieron el paro petrolero de PDVSA y la guerra de Irak, fenómenos que fueron determinantes para que se iniciara un choque en el precio del petróleo que se prolongó hasta marzo de 2008; durante todos los años entre 2003 y 2007 el precio del petróleo tuvo un incremento mayor al 11 % anual.

A partir del año 2000 se evidenció una activa entrada de los flujos de IED (superior a los 6000 millones de dólares entre 2005 y 2007) gracias a una política definida –en el caso del petróleo, por la ya mencionada constitución de la ANH– y una política de atracción de IED hacia los sectores de servicio y manufactura gracias a entidades promotoras de inversión extranjera como PROCOLOMBIA.

3.4.3. Comportamiento de las variables en el periodo 2008-2010

En 2008 se observó una recesión financiera mundial que se propagó en economías industrializadas y de países en vía de desarrollo, en gran parte debido a la especulación del petróleo; Ecopetrol recibió ingresos elevados por el incremento de ventas y de precio del crudo y sus derivados. Debido a esta situación, se generaron mayores contraprestaciones económicas para el Estado en forma de regalías para las regiones, lo que permitió que el país compensara deficiencias en otros renglones de la economía ya que el aporte del sector petrolero en la economía nacional cada vez es más determinante.

5 Se citan, por ejemplo, los hallazgos Cusiana en 1989, Cupiagua en 1992 y, algunos años atrás, Caño Limón en 1984.

4. Valoración de la incidencia que tienen los precios del petróleo sobre el crecimiento y la inversión extranjera directa en Colombia mediante estimación econométrica

4.1. Resultado a priori de lo que se espera del modelo

4.1.1. Planteamiento de la hipótesis

Se podría considerar que los aumentos dados en los precios del petróleo (WTI) traen consigo un beneficio para la economía, al percibir un aumento en el Producto Interno Bruto (PIB) por efecto de un aumento en la renta petrolera y una mayor Inversión Extranjera Directa (IED) enfocada hacia la exploración y a la explotación de crudo. Bajo esta consideración, se plantea la siguiente hipótesis: “Los precios internacionales del petróleo han tenido incidencia en el crecimiento económico y en la inversión extranjera directa en Colombia durante el periodo 1990-2010.”

Un hecho que cuestiona esta observación se fundamenta en el contraste que se puede apreciar entre la evolución de los precios internacionales del crudo (WTI) y los índices de IED y de PIB presentados en el periodo de estudio. Se espera que el resultado que entregue el modelo evalúe esta hipótesis, de manera que se pueda afirmar si efectivamente las variaciones de los precios internacionales del petróleo han llegado a ser un elemento preponderante en el rumbo del crecimiento económico (PIB) y en el comportamiento de la inversión extranjera directa (IED) en Colombia durante el periodo de estudio.

4.2. Articulación del marco teórico con el modelo

En este aparte se establece la relación entre el marco teórico y el modelo obtenido como resultado de la estimación realizada en este trabajo. Se hace la aclaración que para realizar esta articulación se han tomado apartes del desarrollo completo del marco teórico, el cual se encuentra descrito con detalle al inicio de este documento.

Los modelos de choques multiplicativos de Diamond y Ramsey han permitido que este estudio de impacto de precios internacionales del petróleo sobre la IED y el PIB tenga un sustento teórico apropiado. Los modelos ya mencionados abordan temas que ilustran el hecho de que los choques de productividad, ya sea en forma positiva o negativa, inciden directamente en la producción y conducen a un mayor consumo acompañado por un aumento del ahorro, el cual se constituye como un elemento vital para la acumulación de capital.

De acuerdo con la descripción del modelo de Diamond, se da un efecto de retroalimentación que señala cómo el aumento de la acumulación de capital conduce a una mayor producción como respuesta al choque impuesto por la productividad. Este

comportamiento soportado por el modelo de Diamond permite un mayor discernimiento relacionado con la dinámica de la IED del sector petrolero, puesto que su aplicación se refleja claramente en la inclusión y mejoras de tecnología “ K ” con un coeficiente “ α ” que estimula la productividad por el hecho de hacer más eficiente tanto la actividad de exploración como de explotación, e incrementando así la producción y favoreciendo la formación bruta de capital.

El modelo de Diamond supone una población constante. Cabe destacar que el comportamiento del factor trabajo en el sector petrolero es bastante reducido frente a la participación del capital dedicado a esta actividad. La función de producción se asume como Cobb-Douglas, con la producción dada por la ecuación 1 (expuesta en la primera parte de este trabajo):

$$Y_t = U_t K_t^\alpha L_t^{(1-\alpha)} = U_t K_t^\alpha \quad [1]$$

Al linealizar se obtuvo la ecuación 2, que se puede asimilar al modelo obtenido tras la estimación econométrica de este trabajo, donde el stock de capital del periodo actual determina la renta del trabajo que, a su vez, es condicionante para el ahorro y el stock de capital del siguiente periodo.

$$\ln Y_t = (\alpha \cdot b) + (\alpha \cdot \ln Y_{t-1}) + \ln U_t \quad [2]$$

El crecimiento de la productividad adquiere un valor “ g ” que afecta el incremento en la producción, lo cual se reflejó en la ecuación 3 (expuesta en el primer capítulo)

$$\Delta \ln Y_t = g + \alpha \cdot \Delta \ln Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad [3]$$

De acuerdo con el modelo Diamond, pese a que no existe un valor de la tasa de crecimiento de productividad “ g ”, se puede apreciar que el aporte de la IED traducida en tecnología genera un aumento en la producción que deriva en acumulación de capital, sin que se afecten de manera significativa los choques de productividad posteriores. Bajo esta apreciación teórica se puede ilustrar la manera en que la IED del sector petrolero aumenta el nivel de producción y la acumulación de capital como resultado de los choques generados por esta.

El modelo de Ramsey parte de unos resultados similares a los obtenidos mediante el modelo de Diamond, de donde se toma la teoría de los choques aditivos en un modelo lineal. Para concretar esta articulación del marco teórico se hace una observación basada en los choques tecnológicos de Ramsey, donde hay ciertos efectos de inventarios y choques de nuevas tecnologías aportados por el capital suministrado a través de la IED sobre la actividad económica y que permiten relacionar el modelo econométrico estimado en este estudio y cuyo resultado sobre el comportamiento de los choques se puede asimilar a los gráficos de impulso-respuesta de Cholesky para establecer el

comportamiento del impacto generado por la variable exógena (WTI) sobre las variables endógenas (IED y PIB).

La función objetivo que se enfoca en los costos se remite a las ecuaciones 4 y 5, discutidas en el marco teórico:

$$E \left[\sum_{i=0}^{\infty} (1+\theta)^{-i} \left\{ -\left(\frac{d}{2}\right)(C_{t+i} - V_{t+i})^2 - \left(\frac{\infty}{2}\right)(Y_{t+i} - U_{t+i})^2 - \left(\frac{b}{2}\right)(I_{t+i})^2 \right\} | \omega_t \right] \quad [4]$$

Sujeta a:

$$I_{t+1} = I_{t+i-1} + Y_{t+i} - C_{t+i}; \infty, b, d \geq 0 \quad [5]$$

Donde C_t denota consumo, Y_t representa producción e I_t a los inventarios del fin de periodo. La teoría económica de esta ecuación relaciona el consumo con la desacumulación de inventarios. Se observa que V es un choque de preferencia que puede estar influenciado por el precio de petróleo WTI; dicho choque afecta la utilidad marginal del consumo.

Los otros dos términos en la función objetivo capturan aspectos de producción e inventario, indicando cómo puede haber un efecto marginal en el costo de producción conforme a la entrada de tecnología en determinado momento, la cual que puede estar influenciada por la IED. Cabe anotar que un choque tecnológico favorable de U disminuye el costo marginal.

En estos términos también se reflejan los beneficios y costos de tener los inventarios a disposición, y la fuerte implicación de mantener altos niveles de stock que pueden hacer aún más costosa la producción. Este término refleja el motivo de desabastecimiento y la intención de las empresas de ajustar sus existencias normalmente a la demanda.

Asimilando este aspecto al sector petrolero, se encuentra cómo mediante estos modelos de choques se hace más claro encontrar sustentos que permitan deducir comportamientos con distorsiones de oferta como restricción de la misma y con el fin de disponer de inventarios para manipular precios. Tal cuestión sería difícil de explicar bajo la óptica tradicional de oferta y demanda.

Finalmente, se aprecia cómo una planeación de la producción y un incremento en el consumo repercuten en una desacumulación de inventarios, los cuales se reponen a una tasa determinada, procurando la estabilización de la producción mediante un seguimiento al comportamiento de los inventarios y del consumo.

4.3. Metodología

El objetivo de esta sección es caracterizar las interacciones simultáneas entre el crecimiento del PIB y la IED en la dinámica de los precios del petróleo. Este apartado complementa el análisis descriptivo de las secciones anteriores con el fin de establecer la causalidad entre las variables del estudio. Por esta razón es importante estudiar este comportamiento contrastando, por un lado, los precios internacionales del crudo con respecto a la IED y, por otro, los precios internacionales del crudo con respecto al PIB de manera conjunta.

Para realizar la caracterización de las interacciones entre variables se utiliza un modelo de vectores autorregresivos (VAR), es decir, un modelo de ecuaciones simultáneas conformado por un sistema de ecuaciones que están en forma reducida sin restricción. El hecho de usar ecuaciones de forma reducida indica que los valores actuales de las variables no aparecen como variables explicativas en las diferentes ecuaciones. Las variables explicativas de cada ecuación se constituyen por un conjunto de rezagos de cada una de las variables del modelo. El hecho de que sean ecuaciones no restringidas señala que en cada una de ellas aparece el mismo número de variables explicativas.

Para explicar el modelo VAR se toma como apoyo el siguiente ejemplo tomado de Brooks (2008), en el que se parte de un modelo de dos variables (y_{1t} , y_{2t}), en el que cada uno de los valores actuales de dichas variables depende de diferentes combinaciones de los k valores previos y de los términos de error.

$$y_{1t} = \beta_{10} + \beta_{11} y_{1t-1} + \dots + \beta_{1k} y_{1t-k} + \alpha_{11} y_{2t-1} + \dots + \alpha_{1k} y_{2t-k} + u_{1t} \quad [6]$$

$$y_{2t} = \beta_{20} + \beta_{21} y_{2t-1} + \dots + \beta_{2k} y_{2t-k} + \alpha_{21} y_{1t-1} + \dots + \alpha_{2k} y_{1t-k} + u_{2t} \quad [7]$$

Donde y_{1t} e y_{2t} son variables estacionarias; u_{it} es un término de perturbación de ruido blanco con $E(u_{it}) = 0$, ($i = 1, 2$), $E(u_{1t}, u_{2t}) = 0$. Como se puede observar en este modelo, las dos variables son endógenas, de manera que un choque en y_{2t} , en la forma de un valor no nulo u_{2t} , afecta directamente a y_{2t} pero también ejerce influencia en y_{1t} como variable explicativa de la primera ecuación. Incluso, este efecto se propaga en el tiempo debido a la presencia de rezagos como variables explicativas.

Una característica importante del modelo VAR es su flexibilidad y la facilidad de generalización que ofrece. Otro aspecto útil de los modelos VAR es que se puede expresar de forma compacta; por ejemplo, considerando que $k = 1$, el modelo puede representarse como:

$$y_{1t} = \beta_{10} + \beta_{11} y_{1t-1} + \alpha_{11} y_{2t-1} + u_{1t} \quad [8]$$

$$y_{2t} = \beta_{20} + \beta_{21} y_{2t-1} + \alpha_{21} y_{1t-1} + u_{2t} \quad [9]$$

O como:

$$\begin{pmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta_{10} \\ \beta_{20} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \beta_{11} & \alpha_{11} \\ \alpha_{21} & \beta_{21} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_{1t-1} \\ y_{2t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \end{pmatrix} \quad [10]$$

De forma sintetizada:

$$(y)_{t \times nx1} = (\beta_0)_{t \times nx1} + (\beta_1)_{t \times nxn} (y_{t-1})_{nx1} + (u)_{t \times nx1} \quad [11]$$

Generalizando el modelo hacia un número k de rezagos, el modelo se presentaría de la siguiente forma:

$$(y)_{t \times nx1} = (\beta_0)_{t \times nx1} + (\beta_1)_{t \times nxn} (y_{t-1})_{nx1} + (\beta_2)_{t \times nxn} (y_{t-2})_{nx1} + \dots + (\beta_k)_{t \times nxn} (y_{t-k})_{nx1} + (u)_{t \times nx1} \quad [12]$$

Con la matriz de varianzas y covarianzas en un sistema estacionario y por medio del teorema de descomposición de Wold, se puede expresar el sistema en función de las perturbaciones.

$$y_{1t} = C_0 y_{2t} + C_1 y_{2t-1} + C_2 y_{2t-2} + u_t \quad [13]$$

El concepto de causalidad de Granger formaliza la idea de que el futuro no puede ser causa del pasado, es decir, una variable X causa –en el sentido de Granger– a una variable Y si los valores actuales de Y se pueden predecir mejor con los valores rezagados de X que sin estos. Para aplicar el análisis de causalidad en el sentido de Granger, es importante que las series sean estacionarias; de esta manera se evita el riesgo de obtener relaciones espurias. Asumiendo que se mantengan las relaciones de causalidad, las series se deben transformar en estacionarias si no lo son. La prueba de hipótesis que Y no causa a X consiste en probar que los coeficientes de los rezagos de Y son cero al estimar X sobre los valores pasados de X e Y.

Para realizar el modelo se tomó como periodo de estudio el lapso comprendido entre 1990 y 2010 y las variables propuestas en el análisis son las siguientes:

- WTI, precio del crudo *West Texas Intermediate* en dólares por barril, fuente *British Petroleum*.
- PIB, Producto Interno Bruto en millones de dólares a precios constantes de 2000, fuente Banco Mundial.
- ICR, Índice de tasa de cambio real en COP/US\$, fuente Banco de la República.
- IPP, Índice de precios al productor, fuente Banco de la República.
- DTF, fuente Banco de la República.
- IED, Inversión Extranjera Directa, fuente Banco Mundial.

Para el estudio, se agregaron las variables DTF e ICR. Estas se incluyen en el modelo con el fin de reflejar los efectos económicos de las políticas públicas sobre los incentivos de la inversión y las rentas petroleras. La variable IPP busca reflejar la afectación que generan los costos de producción en la actividad petrolera, aunque, finalmente, no se tuvo en cuenta en el modelo, puesto que en el test de Granger no indicó causalidad alguna y en los gráficos de impulso-respuesta de Cholesky tampoco hubo evidencia de que tuvieran algún impacto.

Para la estimación del modelo se verificó la estacionariedad de las variables. Los resultados de la prueba de Dickey Fuller para las variables PIB, WTI e IED permitieron concluir que ninguna de estas variables es estacionaria. Por lo tanto, se elaboraron las correspondientes transformaciones: DLnIED (primera diferencia del logaritmo de IED), DLnPIB2 (segunda diferencia del logaritmo de PIB) y DLnWTI (primera diferencia del logaritmo de WTI). De acuerdo con la prueba de Dickey Fuller, estas son estacionarias.

Tabla 1. Variables utilizadas en el modelo

Nombre de la variable	Variable original	Transformación
Precios del Petróleo	WTI	DLnWTI
Producto Interno Bruto	PIB	DLnPIB2
Inversión Extranjera Directa	IED	DLnIED

Fuente: cálculo de los autores.

Se procede a verificar si existe la presencia de cointegración por medio de la prueba de Johansen. Los resultados presentan que no hay relaciones de cointegración entre las variables del modelo. Utilizando la ecuación 23, se define y_{1t} como una matriz 3x1 con los elementos DLnWTI, DLnIED, DLnPIB2.

Se estima un modelo VAR en el que se tienen en cuenta los diferentes factores de tendencia constante y criterios para determinar el número óptimo de rezagos (*Akaike Information Criterion*, *Schwarz Information Criterion* y *Hannan-Quinn Information Criterion*). Los resultados se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de análisis AIC, Q y SIC

VAR Lag Order Selection Criteria						
Endogenous variables: DLnWTI DLnIED DLnPIB2						
Exogenous variables: C						
Date: 10/20/13 Time: 15:53						
Sample: 1990 2010						
Included observations: 17						
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	23.22416	NA*	1.86e-05*	-2.379313*	-2.232275*	-2.364697*

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
1	28.88718	8.661092	2.83e-05	-1.986727	-1.398577	-1.928264
2	34.20702	6.258631	4.96e-05	-1.553767	-0.524503	-1.451456

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike Information Criterion

SC: Schwarz Information Criterion

HQ: Hannan-Quinn Information Criterion

Fuente: cálculo de los autores.

Mediante el uso de los criterios AIC, SC y HQ se obtiene la medida de la calidad relativa de un modelo estadístico para el conjunto de datos a estudiar; así se selecciona el modelo más apropiado. Para las variables a analizar se decidió trabajar con un valor de un (1) rezago, debido a que el resultado de la evaluación de los criterios anteriormente mencionados lo sugirieron y, de acuerdo con Gujarati (2010), dadas las características de la periodicidad de las series usadas (las cuales fueron anuales) y el tamaño de la serie, se recomienda que estas sean tratadas con un valor pequeño de rezagos, para evitar perder grados de libertad que debilitan la inferencia estadística y tener problemas de multicolinealidad que pueden conducir a que los coeficientes de los rezagos resulten estadísticamente no significativos.

Los resultados de este modelo se presentan de acuerdo con la ecuación 23, donde el modelo definitivo se presenta de la siguiente forma:

$$\begin{pmatrix} DLnIED \\ DLnPIB2 \\ DLnWTI \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta_{10} \\ \beta_{20} \\ \beta_{30} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} DLnIED_{(-1)} \\ DLnPIB2_{(-1)} \\ DLnWTI_{(-1)} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_{IED} \\ u_{PIB} \\ u_{WTI} \end{pmatrix} \quad [14]$$

Los coeficientes del modelo se presentan en la tabla 3:

Tabla 3. Estimación de coeficientes del modelo

Estimation Proc:

LS 1 1 DLnIED DLnPIB2 DLnWTI @ C

VAR Model:

DLnIED = C(1,1)*DLnIED(-1) + C(1,2)*DLnPIB2(-1) + C(1,3)*DLnWTI(-1) + C(1,4)
 DLnPIB2 = C(2,1)*DLnIED(-1) + C(2,2)*DLnPIB2(-1) + C(2,3)*DLnWTI(-1) + C(2,4)
 DLnWTI = C(3,1)*DLnIED(-1) + C(3,2)*DLnPIB2(-1) + C(3,3)*DLnWTI(-1) + C(3,4)

VAR Model - Substituted Coefficients:

$$DLnIED = - 0.202036557241*DLnIED(-1) - 1.41879467867*DLnPIB2(-1) + 0.982298942911*DLnWTI(-1) + 0.0964487990347$$

$$DLnPIB2 = - 0.00520364992536*DLnIED(-1) - 0.499887324139*DLnPIB2(-1) + 0.0401746355211*DLnWTI(-1) - 0.00229763320741$$

$$DLnWTI = - 0.17339542745*DLnIED(-1) - 0.740297497948*DLnPIB2(-1) + 0.0415826643238*DLnWTI(-1) + 0.098850939888$$

Fuente: cálculo de los autores.

Reemplazando los datos obtenidos de la tabla 3 en la ecuación 27, obtenemos el modelo definitivo.

$$\begin{pmatrix} DLnIED \\ DLnPIB2 \\ DLnWTI \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.096 \\ - 0.002 \\ 0.098 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} - 0.202 & - 1.418 & 0.982 \\ - 0.005 & - 0.499 & 0.040 \\ - 0.173 & - 0.740 & 0.041 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} DLnIED_{(-1)} \\ DLnPIB2_{(-1)} \\ DLnWTI_{(-1)} \end{pmatrix} \quad [15]$$

Existen ciertos efectos de los precios del petróleo WTI en la IED y en el PIB. Este modelo es una variación del modelo de choques de Diamond y Ramsey, donde no se consideró la mano de obra ya que estaría dada (recordando que la mano de obra en este modelo tiene un crecimiento nulo), y se aborda el análisis del comportamiento de los precios sobre la IED y el PIB.

Tabla 4. Prueba de Granger sobre WTI, PIB e IED

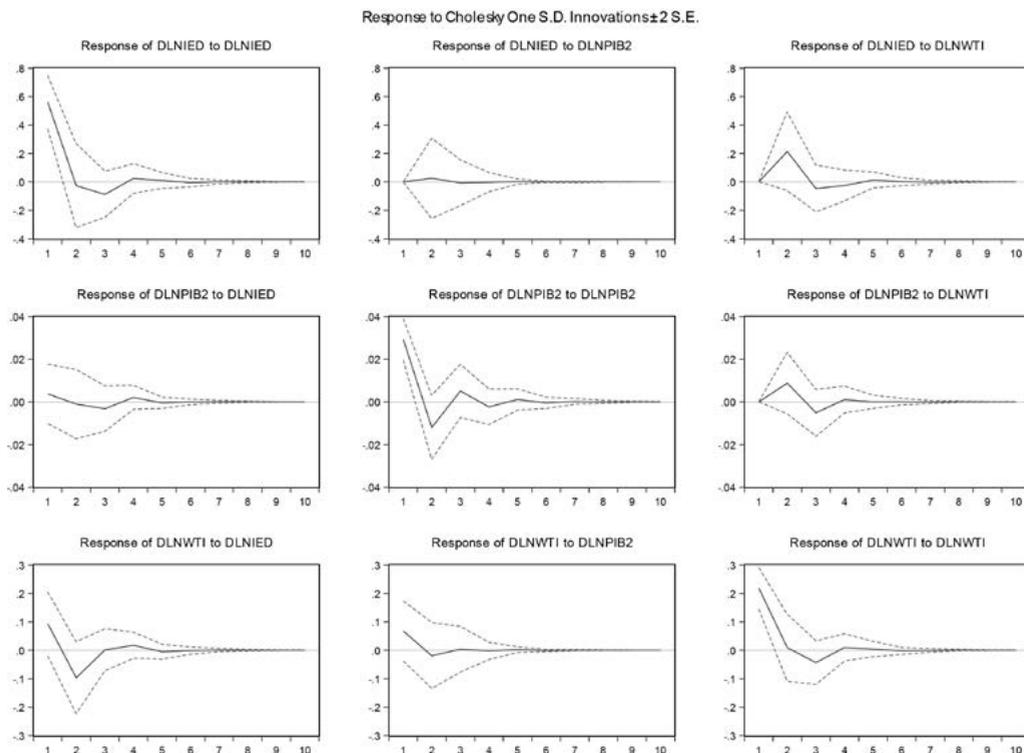
Pairwise Granger Causality Tests			
Date: 10/23/13 Time: 21:19			
Sample: 1990 2010			
Lags: 1			
Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
DLnPIB2 does not Granger Cause DLnIED	18	0.00117	0.9731
DLnIED does not Granger Cause DLnPIB2		8.6E-05	0.9927
DLnWTI does not Granger Cause DLnIED	19	2.34949	0.1449
DLnIED does not Granger Cause DLnWTI		2.65009	0.1231
DLnWTI does not Granger Cause DLnPIB2	18	1.49401	0.2405
DLnPIB2 does not Granger Cause DLnWTI		0.37243	0.5508

Fuente: cálculo de los autores.

De acuerdo con la prueba de Granger, se observa que la primera diferencia de logaritmos del WTI no causa efecto en la IED. Así mismo, es evidente que la primera diferencia

de logaritmos de WTI tampoco tiene injerencia sobre el crecimiento del PIB. Esto, en conclusión, indica que la tasa de crecimiento de los precios del petróleo no es causa de crecimiento en el PIB y no tiene efecto en el crecimiento de la IED durante el periodo de estudio.

Figura 4. Impulso-respuesta $DLnWTI$, $DLnPIB2$, $DLnIED$



Fuente: cálculo de los autores.

En la figura 4 se ubican los resultados de impulso-respuesta para las variables pertinentes al objeto de estudio: WTI, llamada en el modelo $DLnWTI$; PIB, llamada en el modelo $DLnPIB2$; y la IED, llamada en el modelo $DLnIED$.

En la tercera columna de izquierda a derecha aparece el resultado correspondiente a la relación impulso-respuesta de las variables respecto a $DLnWTI$. Se observa que, con un nivel de significancia del 5 %, las variaciones en los precios del petróleo WTI no causan efectos sobre la IED en Colombia, ya que se aprecia una respuesta al impulso muy corto (de un periodo), seguido de un movimiento muy leve como respuesta al impulso dado por los precios WTI. De igual forma, al revisar el test de causalidad de Granger, de acuerdo con la tabla 2, se encuentra que la descripción de hipótesis nula lo confirma.

En esa fila también se observa que, según el resultado de la relación impulso-respuesta de la variación del PIB respecto a los precios de crudo, con un nivel de significancia del 5%, las variaciones en los precios del petróleo WTI tampoco causan efecto sobre el PIB de Colombia; se aprecia una respuesta aún más leve al impulso que es también de una corta duración (un periodo), seguido de un movimiento aún más tenue que el presentado con respecto a la IED. También, al revisar el test de causalidad de Granger, de acuerdo con la tabla 4, se encuentra que la descripción de hipótesis nula lo confirma.

Otro instrumento que permite confirmar la ausencia de causalidad entre las variables de estudio es la matriz de covarianzas, en donde se puede apreciar que no es una matriz diagonal ni es una matriz inferior. Por tanto, de acuerdo con Pérez (2006), no se genera un efecto causal entre las variables.

Tabla 5. Matriz de covarianzas

	DLnWTI	DLnPIB2	DLnIED
DLnWTI	0.055116	0.002203	0.041706
DLnPIB2	0.002203	0.000926	0.003832
DLnIED	0.041706	0.003832	0.282101

Fuente: cálculo de los autores.

De esta forma, solo se aprecian efectos positivos en el PIB y en la IED durante el segundo periodo posterior al choque. En consecuencia, se puede concluir que el incremento de los precios del petróleo no tiene mayor injerencia en la dinámica de las variables macroeconómicas PIB e IED durante el periodo de estudio.

4.4. Interpretación de la estimación y relación con los modelos teóricos.

Para analizar los resultados obtenidos en la evaluación econométrica de las series de precio de crudo, IED y PIB se pueden abordar los modelos de choques de Diamond y Ramsey presentados en el marco teórico, donde no se consideró la mano de obra (recordando que la mano de obra en estos modelos tiene un crecimiento nulo).

Según el modelo de Diamond, las nuevas tecnologías, una vez introducidas en el aparato productivo, deben mantenerse siempre en este. Retomando la ecuación (9) para la productividad, se observa que:

$$\Delta \ln Y_t = g + \alpha \cdot \Delta \ln Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Es decir, la variación en el producto es una función de los rezagos de la variación de la producción en periodos anteriores y un cambio tecnológico que puede estar condicionado

por la inversión, lo cual concuerda con las variables exógenas que afectan el comportamiento de la variable DLNPIB2:

$$DLNPIB = -0.005*DLNIED_{(-1)} - 0.499*DLNPIB2_{(-1)} + 0.040*DLNWTI_{-1} - 0.002 \quad [16]$$

Como se expuso en el marco teórico, la acumulación de capital (también representada por la inversión en el periodo anterior) no amplifica la dinámica de los choques de productividad de manera significativa. De igual manera, el impacto de un proceso estocástico que se desea evaluar para la salida (en este estudio, los precios del crudo) se puede obtener especificando correctamente el proceso estocástico correspondiente para el choque de productividad.

Respecto al modelo de Ramsey, recordemos que la función objetivo consiste en la optimización que hacen productores-consumidores de vida, retomando la ecuación 4 y 5:

$$E \left[\sum_{i=0}^{\infty} (1+\theta)^{-i} \left\{ -\left(\frac{d}{2}\right)(C_{t+i} - V_{t+i})^2 - \left(\frac{\infty}{2}\right)(Y_{t+i} - U_{t+i})^2 - \left(\frac{b}{2}\right)(I_{t+i})^2 \right\} \mid \omega_t \right]$$

Sujeto a:

$$I_{t+1} = I_{t+i-1} + Y_{t+i} - C_{t+i}; \infty, b, d \geq 0$$

Los consumidores tienden a maximizar el valor esperado del excedente del consumidor, el cual es la suma de tres términos que reflejan la utilidad del consumo, el costo de producción y el costo de desviarse del inventario objetivo. En el primer término se refleja una utilidad marginal decreciente del consumo que estabiliza dicho consumo. A esta utilidad marginal la afecta un choque de preferencia V , que en este estudio está influenciado por los precios del crudo.

El segundo término de la función objetivo involucra el crecimiento marginal del costo de producción, en el que, debido a que no se distingue empleo y producción, se asume una desutilidad del trabajo creciente. Ya que U es un choque tecnológico favorable (el cual puede estar influenciado por la producción), su efecto es disminuir el costo marginal.

El tercer término refleja los impactos de mantener inventarios en la producción, con lo que se explica el deseo de las empresas de no perder ventas por falta de inventarios (lo cual se puede asimilar a la infraestructura física y tecnológica que deja la inversión).

Por lo tanto, es importante contar con la información para la toma de decisiones; por ejemplo, Y (que en el presente estudio representaría al PIB) se debe determinar antes del choque en preferencias (bajo influencia del precio del crudo) y conociendo el valor actual del choque tecnológico (determinado por la tecnología proveniente por parte de la inversión). Presentando la caracterización de la solución de C_t presente en la ecuación 17:

$$C_t = (\infty + d)^{-1} [\infty(1 - \lambda) I_{t-1} + \infty(1 - \lambda)U_t] + aV_t \quad [17]$$

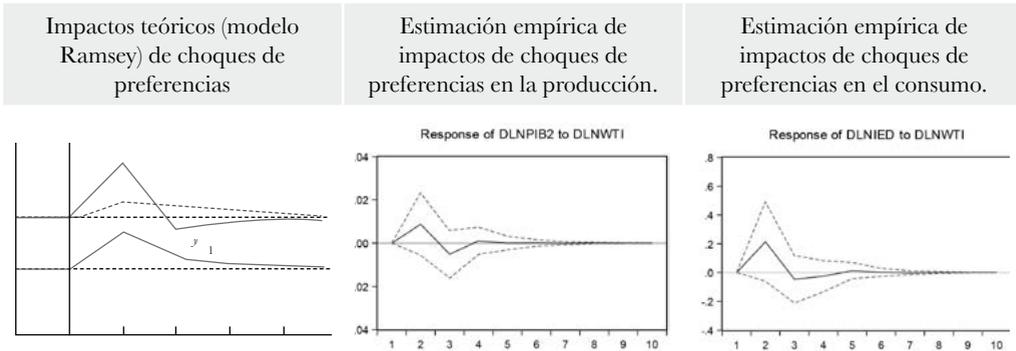
Se aprecia la comparación entre el modelo teórico de Diamond y el modelo estimado a través del estudio. En las tablas 5 y 6 también se pueden ver los efectos de los choques sobre la producción (representada por el PIB) e inventarios (que se pueden asimilar por la IED) que genera un choque de preferencias (representado por el precio de WTI).

Tabla 6. Comparación entre el modelo teórico Diamond y el modelo estimado mediante el estudio

Modelo teórico Diamond	Modelo obtenido mediante la estimación
$\Delta \ln Y_t = g + \alpha \cdot \Delta \ln Y_{t-1} + \varepsilon_t$	$DLnPIB = -0.005 \cdot DLnIED_{(-1)} - 0.499 \cdot DLnPIB2_{(-1)} + 0.040 \cdot DLnWTI_{(-1)} - 0.002$

Fuente: lectures on Macroeconomics. Competitive Equilibrium Business Cycles (Capítulo 7) y cálculo de los autores.

Tabla 7. Comparación de impactos de choques de preferencias en modelo teórico y estimación empírica.



Fuente: lectures on Macroeconomics. Competitive Equilibrium Business Cycles (Capítulo 7) y cálculo de los autores.

Se puede observar que las variables de estudio presentan un comportamiento similar al que se indica en el modelo económico ante un choque de preferencia. Ante un choque en los precios del petróleo, la inversión crece en los primeros periodos para luego decaer y estabilizarse, lo cual concuerda con los efectos sobre el consumo que genera un choque de preferencias. Respecto al comportamiento del PIB, este crece en los primeros periodos posteriores al choque en el precio del petróleo, presentando, posteriormente, una ligera caída y se estabiliza.

Se puede concluir que la evaluación empírica valida los planteamientos económicos de choques planteados por Diamond y Ramsey expuestos en el marco teórico de este estudio.

5. Conclusiones

- Una vez realizada la estimación econométrica, sus resultados apuntan a que las variaciones y/o choques de los precios del petróleo no inducen a respuestas representativas en el PIB y en la IED durante el periodo relevante para este estudio. De tal forma que la tasa de variación en la variable WTI no causa crecimiento del PIB ni crecimiento de la IED. Tales efectos se aprecian de una mejor forma al revisar el comportamiento del PIB per cápita en las regiones más representativas para la explotación petrolera. En lo concerniente a la IED, se encuentra que gran parte de la motivación por parte de los inversionistas se da más en la tasa de éxito de exploración y el manejo de factores que contribuyen a la obtención de una mayor renta petrolera, que en la variación de los precios del crudo.
- De acuerdo con la evaluación de Cholesky, apreciada en las figuras de impulso-respuesta ofrecidas por la estimación econométrica, se hace evidente que hay una leve reacción por parte de la IED y del PIB frente a los choques de los precios del petróleo WTI en un corto plazo, que no superó un lapso de dos periodos. Dicha reacción de las variables PIB e IED se estabiliza hacia valores tendientes a cero en periodos posteriores al segundo periodo, lo que permite afirmar que en Colombia, particularmente, los flujos de IED dedicados a la explotación petrolera no son consecuencia del comportamiento de los precios internacionales del crudo. No obstante, la actividad petrolera en Colombia busca incrementar los volúmenes de producción y reservas de crudo para obtener mayores ingresos por sus rentas.
- El comportamiento de los precios internacionales, a pesar de presentar una tendencia al alza y a una estabilización en ciertos rangos enmarcados por aspectos de orden monopolístico (que conllevan a la generación de importantes flujos de capital que aportan a la balanza comercial y al balance fiscal), no logran mantener ciclos suficientemente duraderos que conduzcan a un crecimiento económico.
- La dinámica comercial externa que permite la actividad petrolera se traduce en importantes ingresos para el Estado –regalías para las regiones y en generación de empleo–, lo cual, pese a ser evidente en datos estadísticos, se traduce en un traslado problemático de mano de obra y baja ocupación de la misma. Tiene un efecto contrario en la formación bruta de capital, en donde esta actividad es notoriamente extensiva y sus remuneraciones se hacen mayores que en el factor trabajo.
- Los factores que determinan los precios internacionales del crudo también explican los motivos por los que la renta petrolera en Colombia y en otros países que no son fuertes productores se afecta de forma sensible, ya sea por causas de orden financiero, político o de mercado en el mundo. Por ello, no se puede considerar a este tipo de actividad como garante de un plan de crecimiento económico sostenido, si no

está acompañado de una política económica lo suficientemente estructurada que pueda ofrecer una adecuada planeación y proyección de orden social, ecológico y económico.

- Uno de los aspectos que, sin duda, ha constituido un atractivo para la IED durante el periodo de estudio se ha dado gracias a la aplicación de reformas regulativas, como las relacionadas con la privatización de Ecopetrol, empresa que antes se encargaba de controlar todos los recursos de petróleos y que a mediados de la década de 2000 cedió a la ANH la regulación y administración con el objetivo de que esta nueva entidad incrementara tanto la producción como las reservas. Sin embargo, la situación de orden público ha afectado este objetivo, ya que ha perjudicado directamente la infraestructura de producción. Esto supone un reto para que los gobiernos revisen aspectos de orden social, económico, ecológico y de seguridad inherentes a la actividad petrolera.
- La evaluación econométrica permite confirmar los postulados de Prescott sobre el cumplimiento de las predicciones de la teoría económica. En este caso, se observa que las variables de PIB e IED responden a los estímulos en los precios de crudo tal como se expone en los postulados teóricos referentes a los choques de productividad en el equilibrio competitivo, ya que el incremento en el Producto Interno Bruto está condicionado por sus valores rezagados (como se predice en el modelo de Diamond) y presenta crecimiento a los pocos periodos posteriores a un choque de preferencia para posteriormente estabilizarse (como se predice desde el modelo de Ramsey).

6. Referencias

- Banco de la República. (2012). La economía petrolera en Colombia parte I. (B. d. República, Ed.). *Borradores de Economía*, 100.
- Bernal Castro, H. (2012). *Inversión extranjera directa en Colombia en el siglo XX, énfasis en el sector petróleo*. Tesis de Maestría. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Black, F. (1982). *General Equilibrium and Business Cycles*. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Blanchard, O., & Fischer, S. (1989). *Lectures on macroeconomics*. Cambridge: The MIT Press.
- BP. (2013). *BP Statistical Review of World Energy June 2013*. Londres: BP.
- Brooks, C. (2008). *Introductory Econometrics for Finance*. Cambridge: Cambridge University Press .
- Ecopetrol. (2011). *Ecopetrol energía limpia para el futuro 60 años*. Bogotá: Villegas Editores.
- Espinosa, O., & Vaca, P. (2012). *Impacto de los precios internacionales del petróleo WTI y los alimentos en la inflación y en el crecimiento sectorial y macroeconómico en Colombia*. FCE Econógrafos.
- Ferderer, J. (1996). *Oil price volatility and the macroeconomy*. *Journal of Macroeconomics*, vol 18, 1-26.
- Gujarati, D. &. (2010). *Basic Econometrics*. Mexico, D.F.: McGraw-Hill. Hamilton, J. (1988). *A Neoclassical Model of Unemployment and The Business Cycle*. *Journal of political Economy*, 3 (96), 593-617.
- Hamilton, J (2005). *Oil and the macroeconomy*. San Diego: University of California.
- López, E., Montes, E., Garavito, A. & Collazos, María. (2012). *La economía petrolera en Colombia (Parte I)*. Borradores de Economía, 100.
- Mork, K. (1989). *Oil and the Macroeconomy When Prices Go Up and Down: An Extension of Hamilton's Results*. *Journal of Political Economy* , 91, 740-744.
- Mork, K. O., & Mysen, H. (1994). *Macroeconomic Responses to Oil Price Increases and Decreases in Seven OECD Countries*. The Norwegian School of Management.

- Pérez, C. (2006). *Econometría de las series temporales*. Madrid: Prentice Hall.
- Perilla, J. R. (2009). *Descomposición sectorial y dinámica del impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico en Colombia*. Archivos de Economía , 357, 40.
- Perilla, J. R. (2009). *El impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico en Colombia*. Departamento Nacional de Planeación, Bogotá.
- Sánchez Villamil, E. (2010). *Shocks del precio del petróleo y su impacto en el crecimiento y la inflación de la economía colombiana*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- U.S. Energy Information Administration. (2014). *Colombia*. Washington D.C.: EIA.
- Vargas, J . (2001). *Impacto de las exportaciones de hidrocarburos en el crecimiento de la economía colombiana 1970-2007*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.