

República de Colombia
Departamento Nacional de Planeación
Dirección de Estudios Económicos

ARCHIVOS DE ECONOMÍA

Descomposición sectorial y dinámica del impacto de
los precios del petróleo sobre el Crecimiento
Económico en Colombia.

Juan Ricardo PERILLA JIMENEZ

Documento 357
21 de julio de 2009.

La serie ARCHIVOS DE ECONOMIA es un medio de divulgación de la Dirección de Estudios Económicos, no es un órgano oficial del Departamento Nacional de Planeación. Sus documentos son de carácter provisional, de responsabilidad exclusiva de sus autores y sus contenidos no comprometen a la institución.

Consultar otros Archivos de economía en:

<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/EstudiosEconomicos/ArchivosdeEconomía/tabid/106/Default.aspx>
http://www.dotec-colombia.org/index.php?option=com_content&task=view&id=4943

Descomposición sectorial y dinámica del impacto de los precios del petróleo sobre el Crecimiento económico en Colombia.

Juan Ricardo PERILLA JIMÉNEZ. §

Resumen

Este artículo forma parte de una investigación sobre los efectos de los precios de la energía e hidrocarburos sobre el crecimiento económico en Colombia. Se presenta la estimación de la contribución factorial (capital, trabajo y productividad factorial) al crecimiento agregado y sectorial y el impacto de los precios del petróleo a ambos niveles. Los resultados sugieren que existe un efecto simétrico de los precios al crecimiento agregado y sectorial. Los impactos sectoriales dinámicos, con base en modelos VAR estructurales confirman que los efectos son simétricos y explican significativamente cambios sobre el producto sectorial en los sectores más vinculados con el petróleo y sus derivados.

Palabras Claves: Crecimiento económico, Precios de energía, Series de Tiempo.

Clasificación JEL: O4, O13

§ Colombia, Departamento Nacional de Planeación. E-mail: iperilla@dnpp.gov.co y jperilla2002@yahoo.com

* El autor agradece el soporte financiero del Fondo Colombiano para el Desarrollo FONADE, y el Proyecto para la Modernización de la Administración Financiera del Sector Público.

1. Introducción

El objetivo de este documento es explorar el impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico en Colombia. En opinión de gran parte de la profesión para el caso colombiano los cambios de precios del petróleo afectan el crecimiento agregado sólo de manera indirecta a través de los términos de intercambio, la inflación, la inversión extranjera, los ingresos por exportaciones, los ingresos fiscales y la posibilidad de ocasionar el fenómeno de enfermedad holandesa. La evidencia empírica que brinda soporte a estos efectos es sin embargo reducida. No existe evidencia de una relación de largo plazo entre el crecimiento económico agregado y la evolución de los precios del petróleo, la serie de precios del petróleo es acíclica y no exhibe algún tipo de correlación con la serie del producto, no existen estimaciones sobre la transmisión de los precios del petróleo a la tasa de cambio y la inflación doméstica, ni de la elasticidad de las exportaciones, las decisiones de inversión extranjera y los ingresos fiscales a los precios de este producto. Adicionalmente, el efecto de la tasa de cambio a crecimiento es indirecto a través de la elasticidad precio de la demanda por exportaciones e importaciones, y no existen estimaciones del efecto de la inversión extranjera sobre el crecimiento.

Para la economía colombiana, una explicación a la dificultad de cuantificar de manera precisa el impacto directo sobre el crecimiento ocasionados por los cambios de precios del petróleo radica en el hecho que los choques de precios afectan variables monetarias, mientras que los efectos reales dependen de la disponibilidad del recurso, la calidad del crudo y el éxito de la actividad de exploración/explotación. Factores que explican que en Colombia, la producción real de petróleo es inelástica al precio. El país se convirtió en importador neto de petróleo en el período de altos precios registrados entre 1974 y 1986, en el ciclo de menores precios observado entre 1986 1999 el país volvió a ser exportador

gracias al descubrimiento de varios yacimientos importantes, y en el ciclo más reciente de nuevas alzas en el precio internacional el país enfrenta la posibilidad de volver a ser importador neto por el agotamiento de esos mismos yacimientos y el reducido éxito en el hallazgo de unos nuevos. Lo cual implica que de existir una relación real directa entre el ciclo de precios y el producto está sea de baja magnitud y se presente como una reducción del precio y un incremento de la producción real.

Otra explicación posible es que la relación entre los precios del petróleo y el crecimiento se da a través del consumo intermedio y por tanto es más evidente en la producción sectorial, particularmente en aquellos sectores vinculados con la producción y el consumo de derivados (combustibles y otros productos de la refinación para la industria química). Bajo el supuesto que las empresas son minimizadoras de costos y en presencia de alternativas energéticas más competitivas, el cambio en los precios relativos del capital, el trabajo y las materias primas afectan la intensidad de uso, la movilidad entre sectores y la productividad a nivel sectorial. La acumulación de estos efectos sobre los distintos sectores implica que las ganancias en productividad experimentadas por los sectores que se benefician de los cambios de precios compensan las pérdidas de los sectores perjudicados. Efectos que no son evidentes en los análisis basados en la función de producción agregada Jorgenson et al (1987) y Jorgenson (1988).

El objetivo de este documento consiste entonces en la exploración e identificación de los diferentes canales a través de los cuales los precios del petróleo tienen impacto directo sobre el crecimiento, entendido el impacto directo como la relación entre los precios y el crecimiento económico, antes que sobre otras variables macroeconómicas. Con este fin, se utilizan diversas técnicas

econométricas, períodos de análisis y datos estadísticos relativos a la producción agregada y sectorial.

El documento esta organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta una breve revisión sobre la manera como se ha abordado en la literatura en análisis del impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico. En la sección 3 se presenta un análisis convencional del crecimiento colombiano de largo plazo con datos anuales entre 1950-2007 y se descompone la tasa de crecimiento en las contribuciones factoriales y de la productividad. En la sección 4 se exploran diversas alternativas para analizar el impacto de los precios sobre el crecimiento agregado. En la sección 5 se utiliza la información de la matriz oferta utilización del Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) entre 1990-2005, y se exponen las limitaciones que existen para realizar un análisis sectorial coherente con el realizado a nivel agregado. La sección 6 presenta un análisis de los efectos dinámicos de los precios y la volatilidad sobre diferentes el pib a nivel agregado y diversas agregaciones sectoriales, para lo cual se utiliza información trimestral del periodo 1977-2008. La sección 7, presenta algunos comentarios finales,

2. El Impacto de los Precios del Petróleo.

La literatura teórica y los estudios empíricos que exploran la relación entre los precios del petróleo y el crecimiento agregado pueden caracterizarse en tres grupos, el primero se enfoca en el aspecto de la sostenibilidad del crecimiento, los aspectos institucionales y de política económica que explican la oferta energética y los instrumentos económicos que determinan la sustitución de fuentes en el lado de la demanda (Solow 1974, Stiglitz, 1974, Dasgupta & Heal 1974, 1979, entre otros).

El segundo se dedica a explorar la causalidad que existe a nivel agregado entre los precios de la energía y los fundamentales macroeconómicos. Los estudios empíricos que analizan el impacto de los precios del petróleo en el crecimiento agregado lo realizan algunos autores partiendo de extensiones del modelo neoclásico donde se incluye el precio del petróleo como un factor más en la producción - referencias en este aspecto puede encontrarse en Jiménez-Rodríguez 2008-. O a partir de modelos lineales de series de tiempo, en la exploración del impacto de los precios del petróleo sobre diversos agregados: el producto total, el consumo privado, el nivel de inflación, el balance fiscal, etc. - una extensa revisión de estos aspectos para el caso de Estados Unidos puede ser consultada en Killian 2008-. En estos trabajos se encuentra que existe una relación de largo plazo entre los precios de la energía y el crecimiento económico. Generalmente, el incremento en los precios del petróleo tiene un impacto negativo aunque no siempre significativo sobre el crecimiento, estos efectos sin embargo difieren para países importadores y exportadores dado que el incremento de los precios implica una transferencia de ingreso de los primeros a los segundos. También se encuentra que estos efectos son indirectos y están asociados con variaciones en la inflación, el consumo privado y el nivel de actividad sectorial. Finalmente, se encuentra que los impactos derivados son en gran parte asimétricos - pues las recesiones causadas por incrementos inesperados en el precio de la energía, no son compensadas por una mayor expansión del crecimiento cuando se presenta una reducción de precios-, mientras que su magnitud, duración temporal del cambio de precios sobre los agregados macroeconómicos e inclusive el signo de estos efectos es ambiguo entre diferentes estudios (Killian 2006).

El tercer enfoque se dedica a la exploración de los canales sectoriales a través de los cuales los precios del petróleo terminan por afectar los precios de otros

productos industriales (Regnier 2007)¹ y la intensidad en el empleo de los factores (Hamilton 1988, Bretschger 2006, Lee & Ni 2002). Bajo el supuesto que las empresas son minimizadoras de costos, un cambio en los precios del petróleo implica cambios en los precios relativos del capital, el trabajo y los insumos intermedios, y una reasignación de la intensidad factorial y del consumo de las diferentes alternativas de energía con criterios de eficiencia, que finalmente terminan por afectar las decisiones de inversión.

A nivel sectorial estos efectos, que se asocian con episodios de enfermedad holandesa, se argumenta que están más identificados con la volatilidad de los precios que con su nivel en términos absolutos. Dos enfoques, que se destacan en esta línea, son el de los costos de *reubicación* – donde el choque de precios genera desempleo involuntario pues los costos de búsqueda y re-entrenamiento previene la migración sectorial del trabajo (Hamilton 1988, Lilien 1982) – y el enfoque de *incertidumbre* – donde se argumenta que la variable relevante no es el nivel de precios sino su volatilidad, las empresas prefieren posponer proyectos irreversibles de nuevas inversiones ante la incertidumbre sobre la evolución futura del precio del petróleo (Bernanke 1983).

Para el caso de la economía colombiana un número considerable de estudios se ha dedicado a explorar el primero de estos aspectos enfocándose en las condiciones de oferta y demanda, la recomendación de políticas coherentes con las necesidades de abastecimiento futuro y la formulación de escenarios plausibles de disponibilidad de distintas fuentes de energía (Vélez y Rodríguez 1991, Mejía y Perry 1982, Ramírez et al 1982, Perry 1988, Castro 1974). Algunos trabajos previos se dedican a explorar la relación entre los precios del petróleo y los precios de los demás sectores de la economía a nivel desagregado (Ramírez et

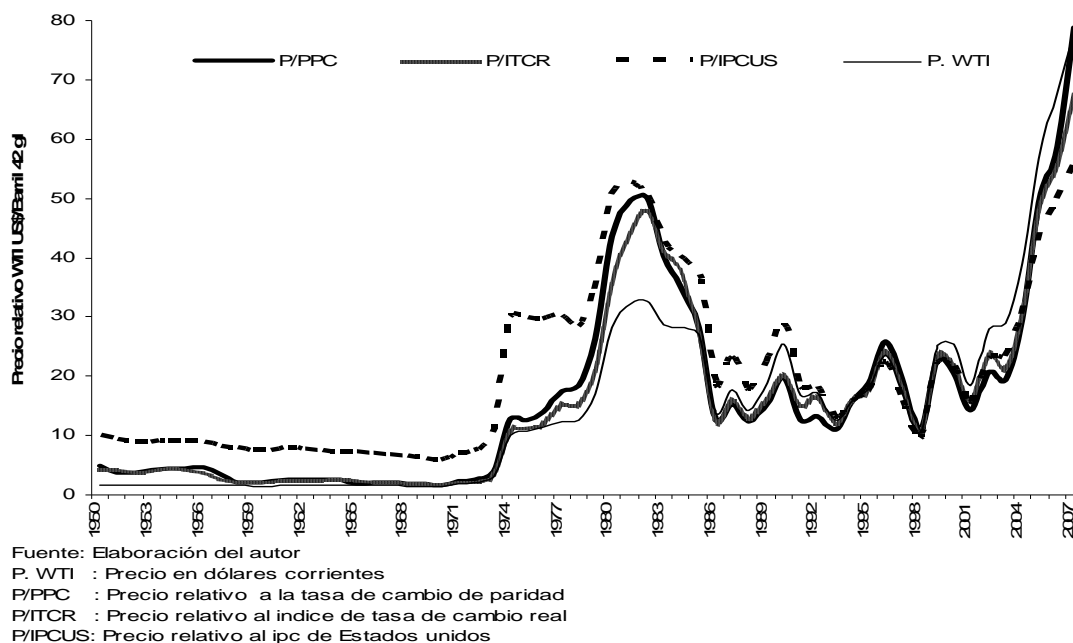
¹ La evidencia hallada por Regnier (2007) para una muestra de precios industriales mensuales entre 1945-2005 encuentra que los precios de petróleo crudo, petróleo refinado y gas son más volátiles que el 95% de los productos industriales, el petróleo crudo es más volátil que el 65% de sus derivados y que la mayor volatilidad del petróleo crudo, respecto a sus derivados se acentúa en el período posterior a la reducción de precios observada en 1986.

al 1976), el efecto de los precios de los combustibles sobre la inflación (Ramírez et al 1975) y la presencia de efectos asimétricos en el ajuste de los precios de los combustibles (Hofstetter & Tovar 2008). Otros trabajos se dedica a analizar, sin realizar estimaciones econométricas, el tipo de impactos que se generan a raíz de los choques de precios del petróleo sobre las finanzas públicas, la balanza de pagos, el nivel general de precios y otras variables macroeconómicas (González y Zapata 2005, Rincón et al 2008) o usando métodos de equilibrio general (Llinas 2002). Sin embargo, ninguno de estos trabajos profundiza sobre la forma precisa en que ocurren estos impactos a nivel agregado y sectorial.

En este artículo se exploran distintas alternativas para capturar el impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento agregado y sectorial. El precio de referencia es WTI en dólares por barril de 42 galones, que se expresa en términos relativos frente a los precios domésticos usando el tipo de cambio de paridad de poder de compra. Esta transformación se justifica por que el precio del petróleo en dólares corrientes es diferente del precio que percibe el consumidor doméstico, por el efecto de la devaluación y la variación de los precios de otros bienes de consumo en la economía domestica y el mercado externo de referencia.² El precio de referencia se presenta en la gráfica 1 junto con otras alternativas que reflejan adecuadamente los hechos estilizados. La evolución del precio se mantiene relativamente estable hasta 1973, año en que se registra el primer incremento importante, explicado por el embargo petrolero de los países miembros de la OPEP. El ciclo alcista culmina en 198, año a partir del cual los precios se mantienen en niveles relativamente bajos, aunque con un mayor grado de volatilidad en comparación con el período 1950-1970. El nuevo ciclo de precios altos se inicia en el año 2001y se mantiene hasta el final del periodo de análisis.

² Así un incremento del precio del petróleo del 20% podría ser compensado en su totalidad por una revaluación nominal en el mercado doméstico, o una pérdida del poder adquisitivo del dólar en el mercado externo, del 17%. Alternativamente, con tasa de cambio fija, éste incremento no tiene efectos reales si los precios domésticos para otros productos de consumo se incrementan de manera independiente en la misma proporción.

Gráfica 1. Precio de referencia del Petróleo



3. Los Determinantes del Crecimiento Económico Agregado.

La descomposición del crecimiento económico en las contribuciones factoriales y la productividad multifactorial se obtienen con base en los resultados convencionales de una función de producción neo-clásica que representa el valor agregado total de la economía (Y) en función de una medida agregada del capital (K), los servicios del trabajo (L) y la productividad de los factores (A) que se obtiene como residuo una vez estimados los parámetros α y β (Solow 1956).

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^\beta \quad (1)$$

La información estadística corresponde al PIB a precios constantes de 1994, el stock de capital es construido usando el método de inventario perpetuo y ajustado por el uso de la capacidad instalada, y el trabajo corresponde al número

de personas empleadas, el detalle en la construcción de estas series es el mismo aplicado en Rodríguez et al (2004).

Los resultados econométricos reportados en el anexo al final de este documento son coherentes con los hallados en diferentes estudios sobre la economía colombiana (Rodríguez et al 2004, Greco Sánchez et al 1996). Con las series expresadas en términos de logaritmos, se encuentra que las series de valor agregado, stock de capital y trabajo son integradas de orden uno (Cuadro A1), pero no es posible afirmar que existe una relación de cointegración entre estas variables. La regresión de las variables en primeras diferencias con la corrección de Newey-West resuelve los problemas de auto correlación serial y heterocedasticidad, aunque el coeficiente de determinación se reduce de manera significativa, los parámetros obtenidos son generalmente inestables y el test de Chow señala la existencia de un cambio estructural en el periodo posterior a la recesión. Bajo los supuestos que el cambio técnico es neutral a la Hicks, mercados competitivos y rendimientos constantes a escala, los resultados de la regresión incluyendo una variable dummy para corregir por los efectos de la recesión (1999=2000=1, y cero en los periodos restantes), arrojan una participación del capital de 0.33 y 0.67 para el trabajo (Cuadro A2).

El cuadro 1 presenta el crecimiento del valor agregado como la suma ponderada de los crecimientos del stock de capital, el trabajo y la productividad total de los factores (PTF)³. En cada caso la tasa de crecimiento es la tasa de crecimiento promedio del periodo y la contribución factorial al crecimiento está dada por el producto de la participación y el crecimiento del respectivo factor; la contribución de la PTF es estimada usando el residuo de Solow (1956). Esta descomposición se presenta para el 1950-2007 y para diferentes sub-periodos. De

³ El concepto de productividad total de los factores fue desarrollado por Stigler(1947) de manera independiente al trabajo desarrollado anteriormente por Tinbergen (1942) quién hacía referencia a este concepto como "eficiencia". Jorgenson (1988)

acuerdo con estos resultados, en el período 1951-2007 los factores capital y trabajo aportaron 3.16 puntos porcentuales al crecimiento promedio, esto representa $\frac{3}{4}$ partes del crecimiento, y la contribución de la productividad en este periodo fue de 1.15 puntos porcentuales o alrededor de $\frac{1}{4}$ parte del crecimiento.^{4,5}

Cuadro 1. Descomposición del Crecimiento Económico Colombiano 1951-2007

Periodo	Tasa de Crecimiento %			Contribuciones al Crecimiento Anual del PIB %			
	PIB	Capital	Empleo	Capital	Empleo	Total Factores	Productividad
1951-1954	5.61	4.65	3.37	1.54	2.25	3.79	1.81
1954-1958	3.92	4.67	2.45	1.55	1.64	3.19	0.73
1958-1962	4.89	3.21	3.23	1.06	2.16	3.23	1.67
1962-1966	4.74	3.17	4.15	1.05	2.78	3.83	0.92
1966-1970	5.52	3.77	3.65	1.25	2.44	3.69	1.83
1970-1974	6.46	4.38	3.33	1.45	2.23	3.68	2.78
1974-1978	5.09	5.20	4.20	1.72	2.81	4.53	0.55
1978-1982	4.23	4.25	2.70	1.41	1.81	3.21	1.02
1982-1986	2.96	4.85	1.28	1.61	0.86	2.47	0.49
1986-1990	4.59	4.33	3.65	1.43	2.44	3.87	0.72
1990-1994	4.31	4.56	2.37	1.51	1.59	3.10	1.21
1994-1998	3.41	2.81	0.87	0.93	0.58	1.52	1.90
1998-2002	0.54	0.31	1.75	0.10	1.17	1.28	-0.74
2002-2007	4.95	5.45	1.32	1.81	0.88	2.69	2.26
1951-1969	4.82	3.83	3.30	1.27	2.21	3.48	1.34
1970-1979	5.74	4.36	3.76	1.44	2.52	3.96	1.77
1980-1989	3.40	4.06	2.74	1.34	1.83	3.18	0.22
1990-1999	2.86	2.61	1.48	0.86	0.99	1.85	1.01
1997-1999	-0.07	-0.39	1.20	-0.13	0.80	0.67	-0.74
2002-2005	3.85	4.22	2.08	1.40	1.39	2.79	1.06
1951-2007	4.31	3.94	2.78	1.30	1.86	3.16	1.15

Con base en estos resultados, se observa que el crecimiento económico está explicado principalmente por el crecimiento de los factores de producción y que el trabajo es la principal fuente de crecimiento. Este resultado es coherente con el

⁴ Estas contribuciones son bastante similares a las calculadas por Jorgenson (1988) para el caso del crecimiento económico en Estados Unidos en el período 1948-1979, aunque con la importante diferencia que en ese país la contribución del capital es mayor que la estimada para el factor trabajo mientras en Colombia éste último factor presenta una mayor contribución que el capital.

⁵ En el periodo 1948-1979 Jorgenson estima que el crecimiento promedio en Estados Unidos es de 3.42 anual, la contribución del capital (1.56 puntos porcentuales) y la del trabajo (1.06) representan en conjunto 76% de este crecimiento, mientras la participación de la productividad (0.81) es de 24%

encontrado en otros trabajos para la economía colombiana (Sánchez et al 1996) y es un patrón que se mantiene en los diferentes sub-periodos analizados entre 1950-1990, periodo a partir del cual las contribuciones factoriales comienzan a invertirse al presentarse una mayor contribución del capital al crecimiento. También es evidente la contribución cada vez más reducida de la productividad, que adicionalmente presenta contribuciones negativas en el periodo de recesión.

La tendencia a la reducción de las contribuciones del trabajo y el aumento en las contribuciones del capital, que en el período 2000-2007 llevan al capital a convertirse en la principal explicación del crecimiento, es coherente con los altos niveles de inversión registrados en el período -en el período 2000-2007 la formación bruta de capital creció a un ritmo anual de 13%, frente a crecimientos de 0.8% en 1990-1999 y 3.7% en 1980-1989; en consecuencia el ritmo de acumulación de capital fue superior al incremento en el número de ocupados, particularmente en el período post-apertura.

4. Impacto de los precios del petróleo sobre el Crecimiento Agregado.

La primera alternativa de análisis en el impacto directo de los precios del petróleo extiende la ecuación de crecimiento agregado para incluir el precio del petróleo. Los resultados en el cuadro A3 muestra que la inclusión del precio del petróleo mejora levemente la explicación del crecimiento económico obtenida en la sección 2. Aunque el impacto es estadísticamente significativo al 10%, su magnitud es reducida (elasticidad de 0.013) y el signo positivo resulta contraintuitivo, al menos en parte, frente a la evidencia internacional. Mork et al (1994) encuentran que para algunos miembros de la OECD, exportadores netos de petróleo y sus derivados, se verifica un efecto positivo sobre el crecimiento en períodos de altos precios internacionales del petróleo. Ferderer (1996) presenta la contra evidencia con referencias que encuentran que exportadores netos de

petróleo como Canadá e Inglaterra, no experimentaron la expansión del crecimiento que se esperaría en periodos de altos precios internacionales y argumenta, adicionalmente, que los hechos estilizados se identifican más con recesiones mundiales generalizadas en presencia de altos precios del petróleo que con efectos diferenciados, positivos (negativos) sobre el crecimiento en los países exportadores (importadores) netos.

La segunda alternativa para evaluar estos efectos consiste en contrastar la hipótesis de asimetría. Esta hipótesis se contrasta en la literatura imponiendo restricciones, como transformaciones no lineales, cambios porcentuales y métodos para asignar mayor peso relativo a las variaciones grandes frente a cambios pequeños en los precios (Killian 2008). En los cuadros A4-A5 se adopta una forma sencilla de contrastar esta asimetría que consiste en evaluar por separado el efecto de los cambios positivos y negativos en el precio interanual del petróleo. En el cuadro A4, donde se asigna una ponderación igual a cero para las variaciones negativas del precio del petróleo se observa que el impacto sobre el crecimiento es positivo pero de menor magnitud y no significativo. En el cuadro A5, donde la ponderación de cero es para las variaciones positivas, se observa que el impacto es positivo, estadísticamente significativo y de mayor magnitud (elasticidad de 0.03). Adicionalmente, el coeficiente de determinación ajustado, la razón de verosimilitud y los criterios de selección indican que este modelo es una mejor especificación en la explicación del crecimiento del producto colombiano en el período de referencia.

El resultado de que variaciones negativas en el precio del petróleo se asocian con un incremento significativo de la tasa de crecimiento del producto, es contra intuitivo frente a los argumentos expuestos en la sección 2 de este documento. No obstante, puede tener explicación en el caso colombiano donde los ciclos de menores precios internacionales, entre 1986-1999, han estado asociados con un

incremento en la producción y exportación. Adicionalmente este resultado podría sugerir que la hipótesis de asimetría no se cumple para el caso colombiano, pues contrario a lo propuesto por esta hipótesis se observa que la reducción de precios está asociada a mayor crecimiento.⁶

La tercera alternativa, explora la posibilidad de que los precios del petróleo tienen impacto no directamente con el crecimiento sino sobre el uso eficiente de los factores de producción. Esta alternativa se contrasta a través de una regresión por mínimos cuadrados de la productividad total de los factores sobre una constante, la predicción del crecimiento del producto explicada por los factores y el precio del petróleo. Los resultados de esta estimación y los respectivos contrastes de asimetría, que se omiten por brevedad, son generalmente de signo positivo pero no permiten establecer impactos significativos de los cambios de precios sobre la eficiencia.

La reducida magnitud de un efecto directo de los precios del petróleo sobre el crecimiento agregado es intuitivamente correcta. Existen razones, más evidentes desde el punto de vista de la demanda sectorial, que contribuyen a explicar este resultado. La cuarta alternativa de análisis explora las características del consumo sectorial que sustentan éste resultado, y señala la importancia de construir indicadores más apropiados para el análisis.

⁶ Una versión más rigurosa del contraste de asimetría consiste en considerar sólo las variaciones de precios más amplias, positivas y negativas, restringiendo a cero los cambios de precios más pequeños. Estos resultados, que no se reportan, sugieren que los incrementos de precios del 1973-1974 y 1998-1999 si tuvieron un impacto negativo aunque no significativo sobre el crecimiento. Por el contrario, las variaciones negativas más amplias - excepto las registradas en los periodos de reducciones más pronunciadas de 1985-1986 y en 1997-1998- confirman los resultados positivos sobre el crecimiento y son estadísticamente significativos.

5. Impacto sobre la Demanda Sectorial.

El consumo sectorial de energía sugiere que un análisis objetivo del impacto de los precios del petróleo, y otros componentes de la matriz energética, sobre el crecimiento debería basarse en un índice compuesto que pondere el precio de distintas alternativas energéticas en lugar de basar el análisis en el precio del petróleo que es solo uno de sus componentes (Edelstein & Killian 2007).

Son relativamente pocas las empresas que basan sus requerimientos energéticos en productos derivados de la refinación como la gasolina o el diesel, y el consumo de los hogares generalmente está orientado a otras alternativas como la electricidad, el gas natural, el carbón, los bio-combustibles, etc. Así, en el caso de la economía colombiana el sector transporte es el principal consumidor de energía, representa el 39% del consumo total; en segundo lugar está el sector industrial (33%) y posteriormente se ubican los hogares (17%) y las actividades de comercio, agricultura y construcción (12%).

A diferencia del sector transporte, donde la mayor demanda corresponde a productos derivados del petróleo (gasolina 52% y diesel 39%), en el sector industrial el consumo de refinados de petróleo (5%) y el diesel (7%) es muy reducido; se observa en cambio una mayor participación de gas natural (26%), carbón (23%) y energía eléctrica (16%). En los hogares el consumo de derivados es nulo y se observa en cambio que el mayor consumo se realiza sobre energía eléctrica (38%), gas natural (22%), GLP (17%) y leña (17%) (UPME 2005).

No obstante estas características del consumo sectorial es evidente que variaciones en el precio del petróleo tienen efectos sobre el consumo sectorial por sus efectos sobre los servicios de transporte y otros costos de producción. Así, a pesar del bajo consumo de combustibles refinados de petróleo en la industria,

éste sector está expuesto a otros efectos del choque de precios del petróleo que se reflejan en los costos de producción por el uso de materias primas con base en derivados.

Los efectos de transmisión, sin embargo, están afectados al menos por dos factores; en primer lugar controles de precios que retardan o distorsionan los efectos del cambio de precios del petróleo sobre los precios de productos combustibles de la refinación y; en segundo lugar, por que estos efectos antes que puntuales y/o contemporáneos son en gran parte dinámicos, por la existencia de retardos entre el choque inicial de precios y su impacto en las decisiones de producción y consumo. Adicionalmente, estos efectos implican algún grado de sustitución en el consumo de materias primas y cambios sectoriales en las diferentes categorías de capital hacia proyectos ahorradores de energía.

Infortunadamente, las limitaciones en la información estadística disponible a nivel sectorial no permiten realizar estimaciones confiables sobre estos efectos ni establecer una relación de compatibilidad entre los efectos sectoriales y el crecimiento agregado. Jorgenson et al (1987) y Jorgenson (1988) señalan que un análisis sectorial coherente con el obtenido de la función de producción agregada se puede realizar si se expresa la función de producción como una relación entre producción bruta, capital (K), trabajo (L), energía (E) y materias primas (M) - conocida en la literatura como función KLEM- y la propuesta de Domar (1961), sugiere que los resultados sectoriales se pueden acumular para obtener resultados comparables a nivel agregado.

Crecimiento Desagregado

Jorgenson propone estimar una función de producción por cada sector industrial indexado en $i=1\dots N$, donde la producción bruta (Y) es una función del capital (K), el trabajo (L), la energía (E), las materia primas (M) y progreso técnico (t);

$$Y_i = f_i(K_i, L_i, E_i, M_i, t) \quad \forall i = 1\dots N$$

imponiendo el supuesto de rendimientos constantes a escala, la identidad contable para cada sector establece que el valor de la producción es explicado por el aporte de sus componentes, lo que permite obtener una medida de la productividad sectorial a partir de la siguiente ecuación.

$$d \ln A_i = d \ln Y_i - \alpha_{K_i} d \ln K_i - \alpha_{L_i} d \ln L_i - \alpha_{E_i} d \ln E_i - \alpha_{M_i} d \ln M_i$$

donde el parámetro α denota la participación de cada insumo en el i -ésimo sector.

A su vez, el método de ponderación y agregación propuesto por Domar permite obtener una medida comparable de la productividad a nivel agregado mediante la siguiente ecuación:

$$d \ln A = \sum_i w_i d \ln A_i \quad w_i = \frac{P_i Y_i}{PV}$$

donde w_i es el factor de ponderación $P_i Y_i$ es la producción bruta del i -ésimo sector y PV es el valor agregado total de la economía en términos nominales. En esta ecuación la suma de los ponderadores no es igual a la unidad, pues el valor agregado iguala los pagos de los factores, capital y trabajo, mientras que en el valor de la producción bruta se incluyen adicionalmente los insumos energía y materias primas (Jorgenson et al 1987).

El Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) contiene las estadísticas relevantes para este tipo de análisis, como lo muestra el proyecto EUKLEMS (O'Mahony & Timmer 2006 y las referencias allí suministradas).⁷ No obstante, esta alternativa

⁷ La metodología desarrollada en el proyecto EUKLEM se basa en técnicas de contabilidad nacional bajo los aportes de S. Kuznets, W. Leontief, M. Abramovitz, R. Solow, Z. Griliches, d. Jorgenson. El relación con la implementación de la metodología KLEM, el principal aporte es el artículo seminal de Jorgenson et al (1987). El objetivo del proyecto es desarrollar, a partir del uso del SCN y las matrices Oferta-Utilización, indicadores sectoriales de productividad, contribución

requiere de un extenso trabajo de investigación y conformación de indicadores sectoriales coherentes con las estadísticas a nivel agregado, pues el SCN usualmente presenta sesgos, causados por omisión de información en las fuentes consultadas e incoherencia en los resultados sectoriales.⁸

Adicionalmente, el SCN no cuenta aún con un módulo de estadísticas laborales. Aunque esta información se puede obtener de la encuesta de hogares, la correspondencia con el SCN no es directa lo que lleva a sesgos de clasificación. Por otra parte, las revisiones metodológicas de un sistema y otro presentan cambios metodológicos que dificultan la comparación de las series nuevas con sus versiones anteriores,⁹ y se presentan limitaciones en la información estadística de base, por omisión de información en el sector rural, que determina que éste sector se encuentre sub-representado en la encuesta, con el consecuente sesgo en la estimación sobre la contribución del trabajo. Los sectores afectados por este sesgo representan en promedio el 39% del valor agregado total de la economía colombiana en el período 1990-2005.

factorial al crecimiento, necesidades energéticas y de otros insumos y servicios en la producción. www.euklems.net

⁸ Para Colombia, la información de la matriz oferta-utilización a nivel de división (dos dígitos en la nomenclatura del SCN) no incluye el cálculo de la formación de capital en actividades de pesca, extracción de carbón, explotación de minerales no metálicos, servicios de acueducto, electricidad y gas, actividades de comercio, hotelería y restaurante, servicios de transporte (terrestre, por agua, aéreo y complementarios), de correo y telecomunicaciones, de intermediación financiera, servicios domésticos, de enseñanza, salud, y administración pública. Adicionalmente, en algunas actividades económicas, particularmente del sector servicios, el valor de la producción y sus componentes es imputado.

⁹ El Sistema de Cuentas Nacionales ha experimentado cambios metodológicos y de clasificación de productos para la información del período 1990-2005 – a los precios de 1994 – que revisa la metodología pre-existente – a los precios de 1975. La información posterior ha sido a su vez objeto de nuevas revisiones, de clasificación de productos y precios de referencia – a los precios del año 2000 y de 2005. A su vez, la encuesta continua de hogares, que se aplica a partir de 2000 a 13 principales ciudades y áreas metropolitanas y desde 2001 a nivel nacional. Incluye cambios metodológicos con respecto a la encuesta nacional de hogares aplicada desde 1976. Aunque en uno y otro caso es posible realizar métodos de empalme que permitan la comparación –técnicas de retropolación en el SCN y métodos de empalme en la encuesta de hogares como el sugerido en Arango et al (2006) – , dado el carácter exploratorio de éste estudio, esta posibilidad se deja para una etapa posterior de la investigación.

Esta limitación de información, que no permiten plantear una función de producción plausible, implica que los sectores afectados se excluyan del análisis. La exclusión afecta principalmente a grandes consumidores sectoriales de productos de la refinación del petróleo –con participación superior al 75% en la demanda del periodo 1990-2005- el sector de servicios de transporte, principalmente el transporte terrestre que representa individualmente el 52% de la demanda sectorial total-, los servicios de administración pública y defensa, dirección administración y control del sistema de seguridad social, y los servicios de correo y telecomunicaciones.

Para los sectores restantes, la construcción de un indicador del stock de capital a partir de las estadísticas sobre formación de capital fijo, presenta debilidades teóricas y metodológicas relevantes. En primer lugar por el planteamiento de funciones de producción que suponen mercados en competencia perfecta¹⁰ y supuestos arbitrarios implícitos en la agregación de diferentes categorías de capital (Samuelson 1962, Fischer 1993, Cohen & Harcourt 2003, Temple 2005 entre otros). En segundo lugar, por que la construcción del stock, con base en el método de inventario permanente, se basa en la utilización de series estadísticas extensas sobre la inversión y supuestos *ad hoc* sobre la tasa de depreciación del capital, que resultan más consistentes a nivel agregado por que a éste nivel la información de los flujo de inversión guarda mayor coherencia con otros agregados macroeconómicos.

¹⁰ Kelly-Hawke (2005) presenta una crítica a los modelos de crecimiento que obtienen la productividad agregando sobre los distintos sectores económicos. El supuesto de mercados competitivos imprime un sesgo sobre el cálculo de la productividad que surge por que en muchas industrias las transacciones se realizan a precios que difieren de los costos marginales. La magnitud del sesgo es estimada por este autor.

Estas limitaciones implican que no es posible obtener estimaciones cualitativa ni cuantitativamente significativas sobre los determinantes del crecimiento sectorial y los precios del petróleo. El cuadro A6 presenta algunas estimaciones estadísticamente significativas pero que presentan sesgos evidentes frente a comparaciones internacionales y contrarias a las halladas en la estimación de la función agregada. Estos resultados se estiman usando la técnica de datos de panel para 39 sectores (de un total de 59) para los cuales es posible construir indicadores de la producción y sus determinantes en el periodo 1990-2005; la participación promedio de estos sectores en el valor agregado es de 60% en el periodo de análisis.¹¹ De los determinantes se omite el factor trabajo, pues las limitaciones de cobertura anotadas ocasionan resultados contraintuitivos, lo que ocasiona un problema de especificación, que se refleja en el coeficiente de determinación y sesga la interpretación de los resultados; adicionalmente, la omisión impide obtener una medición de la productividad como la propuesta por Domar.

En los resultados del cuadro A6, la especificación de efectos aleatorios presenta un menor ajuste frente a los modelos con intercepto común y efectos fijos y en todas las especificaciones la variación del consumo intermedio explica una mayor proporción del crecimiento de la producción sectorial, resultado coherente con los hallados en otras aplicaciones del modelo KLEM. No obstante, el efecto de la variación en el stock de capital que es usualmente reducido en la

¹¹ Con todas las variables expresadas en crecimiento logarítmico la construcción del panel de datos se realizó sobre sectores agrupados a 2 dígitos de la clasificación del SCN-93. Todas las series expresadas en términos reales a precios de 1994, la información de producción bruta, consumo intermedio y valor agregado no ha sido ajustada, el stock de capital se calculó usando la serie de formación bruta de capital fijo, de la que se excluye la variación de existencias, el stock se obtiene por el método de inventario perpetuo, asumiendo una tasa de depreciación constante para los diferentes sectores (3.5%). Las series y correspondencias respectivas no se presentan pero están disponibles bajo solicitud al autor de este documento.

metodología KLEM, es todavía de menor magnitud en la estimación para el caso colombiano.¹²

La introducción de los precios del petróleo confirma los argumentos expuestos al inicio de ésta sección de un impacto reducido sobre la actividad sectorial, con un mayor efecto negativo asociado a variaciones positivas en el precio, pero la inclusión de los precios en la ecuación no representa un aumento en la suma de cuadrados explicados. Adicionalmente, dado el problema de variables omitidas, estos impactos no tienen una interpretación precisa.

La obtención de resultados sectoriales confiables a partir del SCN es un proceso complejo y, como lo muestra el proyecto EUKLEM, implica la construcción de indicadores de competitividad que son necesarios en la evaluación y formulación de política. Una propuesta de investigación en esta línea es la construcción de indicadores de crecimiento, productividad, categorías de empleo y formación de capital, indicadores de cambio técnico, usos de energía y otros insumos en la producción.

¹² Jorgenson (1988), encuentra que las materias primas son el componente individual más importante en la contribución al crecimiento de la producción bruta en 46 de 51 sectores industriales analizados para Estados Unidos. La contribución de las materias primas al crecimiento en el período 1948-1979 es del 56% , el capital 23% y el trabajo 10%. En los resultados de O'Mahony & Timmer 2006 se diferencian dos tipos de capital: capital intensivo en tecnología (ICT) y el no intensivo (NICT), la participación relativa de las materias primas es más de dos veces superior que el uso de capital NICT en Francia, Alemania, Holanda y ligeramente superior en Australia y Canadá, los resultados se obtienen en comparación con Estados Unidos; la participación de las materias primas es mayor aún en comparación con el capital ICT (El efecto de escala de la tecnología se traduce en una reducción de costos). De igual manera, la participación de las materias primas es superior a la participación del trabajo básico (bajo nivel educativo), y mayor aún en el caso frente al trabajo calificado. Por sectores de la industria, las diferencias son más evidentes en los sectores de producción de bienes que en las dedicadas a la prestación de servicios.

6. Impacto Dinámico.

La quinta alternativa de análisis explora el efecto dinámico de los precios del petróleo sobre el crecimiento agregado y sectorial. Adicionalmente al análisis sobre si los efectos de un choque de los precios del petróleo son dinámicamente *simétricos*, para lo cual se considera nuevamente por separado los cambios positivos y negativos en el precio, se toma en cuenta en esta sección el efecto de *incertidumbre* medida como un coeficiente de volatilidad, la desviación estándar de la tasa de crecimiento trimestral de los precios del petróleo. Esta desviación se calcula con respecto al promedio móvil observado en 8 trimestres en el período 1977 I a 2008 IV.

Los sectores analizados están agrupados en agricultura, silvicultura, caza y pesca (agr.), minería (min.), electricidad, gas y agua (elctr.), industria manufacturera (ind.), construcción (constr.), comercio (Com.), transporte (trans.), servicios financiero (fin.), servicios comunales y de administración pública (ser.); adicionalmente se incluye el pib agregado trimestral. Usando los contrastes estándar (DF, PP, KPSS) se verifica que todas las series, ajustadas para corregir efectos estacionales, son estacionarias en primeras diferencias. También se contrastan las hipótesis convencionales de causalidad, normalidad de los errores, ausencia de correlación serial, y auto correlación de los residuos; la longitud del rezago se determina con base en criterios de selección habituales.

En cada caso se plantea un sistema VAR estructural, se verifican los impactos de sistemas donde el valor agregado para cada sector de actividad es la variable endógena y se asume que los precios y la volatilidad con predeterminados, de manera similar a la realizada en Ferderer (1996). La estructura final del sistema se obtiene de sistemas exactamente identificados donde se impone el criterio *ad*

hoc que la variable endógena está simultáneamente relacionada con los cambios de precios y la volatilidad y es instantáneamente afectada por choques de oferta.

Una vez que se encuentran los mecanismos de transmisión sobre sistemas exactamente identificados se imponen restricciones de neutralidad sobre los parámetros no significativos a la manera desarrollada en Amisano y Giannini (1997). En cada caso se verifica la validez de las restricciones de sobre identificación impuestas.

En el cuadro A7 se reportan el efecto de choques de oferta, que determina el efecto sobre cada variable endógena de cambios ocurridos sobre ella misma en el pasado, cambios en los precios y choques sobre la volatilidad. En todos los casos los impactos de oferta tiene un efecto positivo y significativo; los choques positivos de precios en el petróleo no son estadísticamente significativos; en cambio, los choques negativos son significativos y tienen un impacto de signo negativo en los sectores de minería, industria, electricidad, construcción, comercio y transporte. La volatilidad tiene generalmente un impacto de signo negativo y significativo sobre el PIB total, y la producción de los sectores industria, electricidad, transporte, y servicios comunales; y un efecto positivo, con un nivel de significancia menor en la agricultura, y la construcción.

Es importante anotar que los impactos de la volatilidad son estadísticamente más significativos y presentan mayor magnitud en sectores donde la demanda energética está basada principalmente en productos de la refinación (transporte y servicios de administración pública)¹³, sectores con baja demanda energética de derivados pero probablemente alta demanda por materias primas de productos

¹³ Los servicios de Administración pública y defensa; dirección, administración y control del sistema de seguridad social, figuran como los principales demandantes de productos de la refinación después de la demanda en servicios de transporte, correo y telecomunicaciones, y algunas industrias dedicadas a la producción de sustancias y productos químicos.

derivados (industria manufacturera) y sectores que compiten con la oferta de sustitutos energéticos (producción de electricidad).

La parte inferior del cuadro A7 muestra el análisis de descomposición de varianza donde se observa que el principal componente en la explicación de la varianza de cada variable endógena es el choque de oferta, que en todos los casos explica un porcentaje de varianza estadísticamente significativo y superior al 73% (para el pib total, minería y transporte) en un horizonte de 4 trimestres. Este efecto se va reduciendo pero continúa siendo significativo y superior al 54% (para el sector de construcción) en un horizonte de 8 trimestres.

Por otra parte, aunque generalmente se incrementa con el horizonte de análisis, el porcentaje de varianza explicado por innovaciones en los cambios (positivos y negativos) del precio del petróleo es de reducida magnitud y no significativo, excepto para tres sectores. En el sector de la minería el impacto de innovaciones positivas en los precios es significativo y explica 17% y 12% de la varianza en la producción sectorial en horizontes de 4 y 8 trimestres respectivamente. Los otros dos sectores son construcción y transporte que en un horizonte de 8 trimestres muestran alta participación en la explicación de la varianza del producto sectorial (39% y 23% respectivamente) y son significativos.

El efecto de innovaciones sobre la volatilidad de los precios también es mayor cuando se amplía el horizonte de análisis de 4 a 8 trimestres. Este efecto es significativo sobre tres sectores, en la minería donde el porcentaje de varianza explicado en 8 trimestres es de 20%; el sector de electricidad y el de transporte donde el porcentaje explicado es de 12% y 11% respectivamente para el mismo horizonte.

El análisis de impulso respuesta se realiza para el pib agregado y los sectores donde el impacto de la volatilidad y los choques de precios son de mayor magnitud y significativos. Las graficas A1-A6 muestran la respuesta acumulada de la variable endógena a un choque ortogonal, de una desviación estándar de la variable “x” sobre la variable “y” (x/y) en un horizonte de 8 trimestres, con un intervalo de confianza de 95%. Las graficas muestran que las innovaciones de oferta son los que mayor efecto tienen sobre la producción, generalmente estos choques conducen a un incremento de la producción que es sostenido sólo en el caso del PIB agregado, y la minería; en los restantes sectores este efecto se va desvaneciendo en el horizonte de análisis, a partir del segundo trimestre (en el caso del transporte y los servicios de administración pública) y el cuarto trimestre (industria manufacturera y producción de electricidad). En relación con las variables predeterminadas del sistema se observa que los choques de volatilidad conducen generalmente a una disminución del crecimiento sectorial; mientras que la respuesta acumulada de las variables endógenas es negativa ante choques positivos de precios del petróleo (DPOS), y positiva ante choques negativos (DNEG).

Los resultados de impulso respuesta son generalmente coherentes con los efectos esperados y simétricos. El incremento de los precios del petróleo conduce a una disminución sostenida del crecimiento agregado y sectorial; por el contrario, la disminución de precios conduce a un incremento de la producción, aunque este efecto tiende a revertirse en el horizonte de análisis, particularmente en el caso de la industria. Así, una disminución inicial de precios conduce a un aumento más sostenido del PIB agregado, la producción de electricidad y los servicios de transporte, sectores donde el efecto comienza a desvanecerse alrededor del trimestre 7; en el sector de la minería el impacto positivo es sostenido pero sólo después de una disminución sobre los dos primeros trimestres; y en la industria manufacturera, el efecto comienza a reducirse después del primer año. Es

importante anotar que estos resultados confirman los hallados en la sección 3.1, que no existen efectos asimétricos de los choques de precios del petróleo sobre el crecimiento.

No obstante, resulta contradictorio para sectores como la minería y la producción de electricidad observar que el incremento (disminución) de precios conduce a un menor (mayor) crecimiento, resultado que en el caso de la minería posiblemente refleja la poca capacidad de la oferta interna para responder a los ciclos de precios. En el caso de la producción de electricidad, este resultado no está en línea con lo esperado de productos energéticos sustitutos.

Finalmente, los efectos de *incertidumbre* son coherentes con las predicciones teóricas de un impacto negativo y significativo sobre la producción agregada y sectorial. Aunque este impacto se manifiesta con más lentitud y su magnitud es más reducida sobre la producción agregada, donde se observa que el choque de volatilidad conduce a una disminución del pib sólo después de 4 a 6 trimestres. En contraste el efecto sobre la minería es más inmediato y de mayor magnitud, y en sectores como la industria, la producción de electricidad y los servicios del transporte los efectos negativos ocurren después de un efecto inicial positivo sobre el crecimiento.

7. Comentarios Finales.

La estrategia de análisis adoptada en este documento para evaluar el impacto de los precios de la energía sobre el crecimiento parte de reconocer que estos efectos, generalmente asociados con los cambios en el precio del petróleo a nivel internacional, pueden ser directos e indirectos. Los efectos indirectos asociados con variables macroeconómicas como la tasa de cambio, la inflación, la inversión extranjera, la balanza comercial y la situación fiscal, son sin duda muy importantes para complementar el análisis. No obstante, en este artículo se ha optado por explorar cualitativa y cuantitativamente los efectos directos, la manera como los cambios de precios del petróleo afectan el nivel de crecimiento agregado y la productividad, la coherencia de los efectos agregados con los efectos observados a nivel sectorial y los efectos dinámicos, a partir de diversas técnicas econométricas.

En el caso sectorial se ha planteado que la obtención de resultados razonables y coherentes es posible si se superan limitaciones de información de base a partir de la metodología del SCN, pues los resultados obtenidos en este caso están expuestos a errores de especificación por variables omitidas. No obstante, estos problemas y sus consecuencias sobre la calidad de las estimaciones realizadas, la decisión de mantenerlos en el artículo es plantear una propuesta para desarrollar investigaciones posteriores en la construcción de indicadores adecuados, que son necesarios para realizar análisis de competitividad comparables con los desarrollados en otros países referenciados en este documento.

También se destaca en el documento, la importancia de contar con indicadores de precios de la energía más coherentes con al estructura de consumo sectorial. La oferta de productos refinados del petróleo (gasolina y diesel) está orientada en una gran proporción a servicios de transporte, industrias dedicadas a la

fabricación de productos químicos, correo y telecomunicaciones y servicios de administración pública. No obstante, la demanda industrial está orientada de manera creciente a otras fuentes de energía (electricidad, gas natural y carbón). Un indicador de precios que pondere la importancia de cada una de estas fuentes en la matriz energética puede ser más útil para evaluar el impacto de los precios de la energía sobre el crecimiento. La dificultad nuevamente consiste en la información de base, pues no se cuenta con información extensa sobre los precios de estos componentes.

Finalmente, los resultados hallados en este documento son compatibles con las predicciones teóricas y la evidencia empírica. Aunque no es posible comparar los resultados hallados con otros estudios para el caso colombiano, por que no existen estudios similares, los resultados hallados aquí confirman que existe un efecto positivo de los cambios de precios sobre el crecimiento que es coherente con la situación de país exportador de Colombia. También se encuentra que, a nivel agregado, los cambios negativos del precio del petróleo tiene un impacto positivo sobre el crecimiento, lo que sugiere que, para el caso colombiano no se verifica la hipótesis de asimetría propuesta por algunos autores para el caso de la economía estadounidense.

A nivel sectorial, los efectos dinámicos son coherentes con los resultados esperados y simétricos. Es decir, el incremento de los precios del petróleo conduce a una disminución sostenida del crecimiento agregado y sectorial; mientras que la disminución de precios conduce a un incremento de la producción, aunque contradictorios para sectores como la minería y la producción de electricidad. Los efectos de *incertidumbre* son coherentes con las predicciones teóricas de un impacto negativo y significativo sobre la producción agregada y sectorial.

8. Referencias Bibliográficas.

Amisano, G., & C., Giannini. (1997). *"Topics in Structural VAR Econometrics"* Springer.

Arango, T., F., García & C. Posada. (2006). *"La Metodología de la Encuesta Continua de Hogares y el Empalme de las Series de Mercado Laboral Urbano de Colombia"* Banco de la República, Borradores de Economía, Documento 410.

Atallah, S. (2006). *"Revaluando la Transmisión de Spillovers de la IED: Un Estudio de Productividad para Colombia"* Revista Desarrollo y Sociedad, CEDE, Universidad de los Andes, 57.

Barski., R. & L., Killian (2004). *"Oil and the Macroeconomic Since 1970s"* Journal of Economic Perspectives, 18(4), pp. 115-134.

Bernanke, B. (1983). *"Irreversibility, Uncertainty and Cyclical Investment"* Quarterly Journal of Economics, 98(1), pp. 85-106.

Bretschger, L. (2006). *"Energy Prices, Growth, and The Channels in Between: Theory and Evidence"* Working Paper 06-47, ETH Zurich.

Castro, L.O. (1974). *"Consideraciones Generales Sobre La Situación Energética Colombiana"* Universidad Nacional de Colombia, Centro de Investigaciones para el Desarrollo.

Chica, R. (1996). *"El Crecimiento de la Productividad en Colombia: Resultados del Estudio Sobre Determinantes del Crecimiento y la Productividad"* DNP-COLCIENCIAS-FONADE, Bogotá.

Cohen, A. y Harcourt, G.C. (2003). *"Whatever Happened to the Cambridge Capital Theory Controversies"* Journal of Economic Perspectives, 17(1). pp 199-214.

Dasgupta, P.S. & G.M. Heal. (1979). *"Economic Theory and Exhaustible Resources"* Cambridge University Press.

Dasgupta, P.S. & G.M. Heal. (1974). *"The Optimal Depletion of Exhaustible Resources"* The Review of Economics and Statistics, 41. pp 3-28.

Domar, E. (1961). *"On the Measurement of Technological Change"* Economic Journal, 71(284). pp 709-729.

Echavarría, J.J., Arbeláez, M.A. y Rosales, M.F. (2006). "La Productividad y sus Determinantes: El Caso de la Industria Colombiana" *Revista Desarrollo y Sociedad*, CEDE, Universidad de los Andes, 57.

Eslava, M., Haltiwanger, J, Kugler, A., y Kugler, M. (2004). "The Effect of Estructural Reforms on Productivity and Profitability Enhancing Reallocation. Evidence From Colombia." *Journal of Development Economics*, 75(2). Pp. 333-371.

Fischer, F. M. (1993). "Aggregation, Aggregate Production Functions and Related Topics" John Monz (ed.) Cambridge MA, The MIT Press.

Gonzalez, J.I., & Zapata, J.G. (Cord) (2005). "El Manejo de los Recursos Naturales No Renovables: Sus Impactos Fiscales y Macroeconomicos" Universidad Nacional de Colombia, Centro de Investigaciones para el Desarrollo, Fedesarrollo.

Gylfason, T., T. Herbertsson & G. Zoega. (1999). "A Mixed Blessing: Natural Resources and Economic Growth " *Macroeconomic Dynamics*, 3/2 204-225.

Hamilton, J.D. (1988). "A Neoclassical Model of Unemployment and The Business Cycle" *Journal of political Economy*, 96(3). pp. 593-617.

Hofstetter, M. & J. Tovar. (2008). "Asymmetric Price Adjustments Under Ever-Increasing Costs. Evidence from the Retail Gasoline Market in Colombia" Universidad de los Andes, Documentos CEDE. No. 21.

Iregui, A.M., Melo, L.F., y Ramirez, M.T. (2006). "Productividad Regional y Sectorial en Colombia: Análisis Utilizando Datos de Panel" Borradores de Economía, Banco de la República, Documento 378.

Jiménez-Rodríguez, R. (2008). "The Impact of oil Price Shocks: Evidence from the Industries of Six OECD countries" *Energy Economics*, 30. pp. 3095-3108.

Jorgenson. D. y Stiroh, K. (2000). "U.S. Economic Growth at the Industry Level" *The American Economic Review*, 90(2).

Jorgenson. D. (1990). "Productivity and Economic Growth" In E. Berndt y J. Triplett (eds.), *Fifty Years of Economic Measurement*. Chicago, IL. University of Chicago Press.

Jorgenson. D. (1988). "Productivity and Postwar U.S. Economic Growth" *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 2 (4), pp 23-41.

Jorgenson, D.; Gollop, F. y Fraumeni, B. (1987). "*Productivity and U.S. Economic Growth*" Cambridge, MA: Harvard University Press.

Just, D., & Richard, Just. (2008). "*Monopoly Power, Futures Market Manipulation, and the Oil Price Bubble*" *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*, 6. pp. 1-27.

Kelly-Hawke, A. (2005) "*Sectoral Productivity Growth and Price-Marginal Cost Margins in the Intermediate Goods Market*" *Review of Income and Wealth*, 43(2). pp. 227-238

Killian, L. (2008) "*The Economic Effects of Energy Price Shocks*" *Journal of Economic Literature*, 46(4). pp. 871-909.

Killian, L. (2006) "*Exogenous Oil Supply Shocks: How Big Are They and How Much Do They Matter for the U.S. Economy*" University of Michigan, CEPR.

Kim., I. & P., Langani. (1992) "*The Role of Energy in Real Business Cycle Models*" *Journal of Monetary Economics*, 29(2), pp. 173-189.

Lee., K. & S., Ni (2002) "*On The Dynamic Effects of Oil Price Shocks: A Study Using Industry Level Data*" *Journal Of Monetary Economics*, 49(4), pp. 823-852.

Llinas, M. (2002) "*Incidencia de la Volatilidad de los Precios del Petróleo en la Determinación del Ciclo Económico*" *Revista Desarrollo y Sociedad*, CEDE, Universidad de los Andes, 50.

Lilien, D.M. (1982) "*Sectoral Shifts and Cyclical Unemployment*" *Journal of Political Economy* 90(4). pp, 777-793.

Mejia Millan & Perry, G. (1982). "*Estudio Nacional de Energía*" Departamento Nacional de Planeación.

Melendez, M. y Seim, K. (2006) "*La Productividad del Sector Manufacturero Colombiano y el Impacto de la Política Comercial: 1977-2001*" *Revista Desarrollo y Sociedad*, CEDE, Universidad de los Andes, 57.

Mork, K., O., Olsen & H. Mysisen. (1994) "*Macroeconomic Responses to Oil Price Increases and Decreases in Seven OECD Countries*" WP13. The Norwegian School of Management.

O'Mahony, M., & M., Timmer. (2006). "*Productivity Measurement, National Accounts Data and The System of National Accounts: Lessons from the EUKLEMS-Project*" Joensuu, Finland.

Perry, G. (1988). "*Política Energética y Minera y Crecimiento Económico*" Debates de Coyuntura Económica No. 10.

Ramírez, M., Otero, D., Perry, G. (1982). "*Modelos de Demanda del Estudio Nacional de Energía*" Tercera Reunión Latinoamericana de la Sociedad Econometrica.

Ramírez, M., Forero, C., Candelo, R. y Prada, T. (1976). "*El Efecto de un Cambio en los Precios de Derivados del Petroleo Sobre los Precios de los Demás Sectores*" Planeación y Desarrollo.

Ramírez, M., Prada, T., Candelo, R. & Forero, C. (1975). "*Metodología Para Analizar el Impacto de un Alza Exógena Sobre el Nivel General de Precios. El Caso de los Combustibles*" Planeación y Desarrollo Vol. 7, No. 1.

Regnier, E.D. (2007). "*Oil and Energy Price Volatility*" *Energy Economics*, 29(3), 405-427.

Rincón, H., Lozano, I. & Ramos, J. (2008). "*Rentas Petroleras, Subsidios e Impuestos a los Combustibles en Colombia*" Banco de la República, Borradores de Economía, Documento 541.

Rotemberg, J. & M., Woodford. (1996). "*Imperfect Competition and the Effects of Energy Price Increases on Economic Activity*" *Journal of Money, Credit and Banking*, 28(4), pp. 550-577.

Samuelson, P. (1962). "*Parable and Realism in Capital Theory: The Surrogate Production Function*" *Review of Economic Studies*, Vol. 29 (3), pp 193-206.

Sánchez, F. Rodríguez, J. y Nuñez, J. (1996). "*Evolución de los Determinantes de la Productividad en Colombia: Un Análisis Global y Sectorial, 1951-1994.*" En Chica, R. (1996). "*El Crecimiento de la Productividad en Colombia: Resultados del Estudio Sobre Determinantes del Crecimiento y la Productividad*" DNP-COLCIENCIAS-FONADE, Bogotá.

Solow, R. (1974). "*Intergenerational Equity and Exhaustible Resources*" *The Review of Economic Studies*, 41, pp 29-45.

Solow, R. (1956). "*A Contribution to the Theory of Economic Growth*" *Quarterly Journal of Economics* 70(1), pp 65-94.

Stiglitz, J.E. (1974). "*Growth with Exhaustible Resources Natural Resources: Efficient and Optimal Growth Pathst*" *The Review of Economic Studies*, 41, pp 123-137.

Temple, J. (2005). "*Aggregate Production Functions and Growth Economics*" Department of Economics, University of Bristol And Woodland Road.

Velez, A. & Rodriguez, H. (1991). "*Panorama Pétrolero Colombiano 1990-2000*" Universidad Nacional de Colombia, Centro de Investigaciones para el Desarrollo.

Yuan, J., Kang, J., Zhao, C., & Hu, Z. (2008). "*Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from China at Both Aggregated and Disaggregated Levels*" *Energy Economics*, 30. pp. 3077-3094.

ANEXO

Cuadro A1. Pruebas de Raíz Unitaria Sobre las Variables de la Ecuación de Crecimiento.

Variable	ADF		KPSS	
	Niveles	1ra Diferencia	Nivel	1ra Diferencia
PIB	-1.78	-4.50	0.22	0.06
Capital	-2.70	-8.07	0.09	0.05
Empleo	-0.05	-8.82	0.22	0.10
P. Petróleo	-1.87	-7.35	0.10	0.09
Residuos	-7.23		0.11	
Test critical values:		Asymptotic critical values*:		
1% level	-4.13		1% level	0.22
5% level	-3.49		5% level	0.15
10% level	-3.17		10% level	0.12

Cuadro A2. Resultados Ecuación de Crecimiento Agregado

Dependent Variable: DLPIB
 Method: Least Squares
 Date: 01/23/09 Time: 16:48
 Sample (adjusted): 1951 2007
 Included observations: 57 after adjusting endpoints
 White Heteroskedasticity-Consistent Standard Errors & Covariance
 DLPIB = C (1) + C (2)*DLCAP + (1-C (2))*DLEMP + C (3)*DUMMY

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C (1)	0.012721	0.002375	5.357223	0
C (2)	0.33114	0.093351	3.547255	0.0008
C (3)	-0.04432	0.005658	-7.83327	0
R-squared	0.358779	Mean dependent var		0.041977
Adjusted R-squared	0.33503	S.D. dependent var		0.020806
S.E. of regression	0.016967	Akaike info criterion		-5.26394
Sum squared resid	0.015545	Schwarz criterion		-5.156411
Log likelihood	153.0223	Durbin-Watson stat		1.907494

Cuadro A3. Resultados Ecuación de Crecimiento Agregado Incluido el Precio del Petróleo

Dependent Variable: DLPIB
Method: Least Squares
Date: 03/26/09 Time: 17:27
Sample(adjusted): 1951 2007
Included observations: 57 after adjusting endpoints
Newey-West HAC Standard Errors & Covariance (lag truncation=3)
DLPIB=C(1)+C(2)*DLK+(1-C(2))*DLL+C(3)*DUMMY+C(4)*DLPREAL

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.012618	0.002525	4.997640	0.0000
C(2)	0.296476	0.122019	2.429761	0.0185
C(3)	-0.048529	0.004051	-11.97955	0.0000
C(4)	0.012878	0.006951	1.852678	0.0695
R-squared	0.394316	Mean dependent var		0.041977
Adjusted R-squared	0.360032	S.D. dependent var		0.020806
S.E. of regression	0.016645	Akaike info criterion		-5.285869
Sum squared resid	0.014683	Schwarz criterion		-5.142497
Log likelihood	154.6473	Durbin-Watson stat		2.046822

Cuadro A4. Resultados de la Ecuación de Crecimiento Agregado Incluido Variaciones Positivas del Precio del Petróleo.

Dependent Variable: DLPIB
Method: Least Squares
Date: 03/26/09 Time: 17:31
Sample(adjusted): 1951 2007
Included observations: 57 after adjusting endpoints
Newey-West HAC Standard Errors & Covariance (lag truncation=3)
DLPIB=C(1)+C(2)*DLK+(1-C(2))*DLL+C(3)*DUMMY+C(4)*CAMBIO_POS

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.011883	0.002964	4.009684	0.0002
C(2)	0.315168	0.122879	2.564859	0.0132
C(3)	-0.046439	0.004322	-10.74500	0.0000
C(4)	0.007662	0.010484	0.730815	0.4681
R-squared	0.364368	Mean dependent var		0.041977
Adjusted R-squared	0.328388	S.D. dependent var		0.020806
S.E. of regression	0.017051	Akaike info criterion		-5.237607
Sum squared resid	0.015409	Schwarz criterion		-5.094235
Log likelihood	153.2718	Durbin-Watson stat		1.961049

Cuadro A5. Resultados de la Ecuación de Crecimiento Agregado Incluido Variaciones Negativas del Precio del Petróleo.

Dependent Variable: DLPIB
Method: Least Squares
Date: 03/26/09 Time: 17:33
Sample(adjusted): 1951 2007
Included observations: 57 after adjusting endpoints
Newey-West HAC Standard Errors & Covariance (lag truncation=3)
DLPIB=C(1)+C(2)*DLK+(1-C(2))*DLL+C(3)*DUMMY+C(4)*CAMBIO_NEG

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.015823	0.003338	4.739762	0.0000
C(2)	0.312555	0.113101	2.763496	0.0078
C(3)	-0.045856	0.003447	-13.30464	0.0000
C(4)	0.030612	0.014668	2.087045	0.0417
R-squared	0.420921	Mean dependent var		0.041977
Adjusted R-squared	0.388143	S.D. dependent var		0.020806
S.E. of regression	0.016275	Akaike info criterion		-5.330789
Sum squared resid	0.014038	Schwarz criterion		-5.187417
Log likelihood	155.9275	Durbin-Watson stat		2.029050

Cuadro A6. Resultados de la Regresión de la Ecuación de Crecimiento Sectorial

	Sin Incluir el Precio del Petróleo			Incluye el Precio del Petróleo		
	<i>Intercepto Común /1</i>	<i>Efecto Fijos /1</i>	<i>Efecto Aleatorios /2</i>	<i>Intercepto Común /1</i>	<i>Efecto Fijos /1</i>	<i>Efecto Aleatorios /2</i>
Efecto conjunto de consumo intermedio, capital y precio del petróleo sobre la producción						
Constante	0.005***		0.004	0.005***	-	0.005
Consumo Intermedio	0.78***	0.77***	0.71***	0.78***	0.77***	0.71***
Capital	0.033***	0.08***	0.01	0.031**	0.078***	0.011
P. Petroleo				-0.009***	-0.009***	-0.015*
R ² Aj.	0.74	0.73	0.38	0.75	0.75	0.39
DW	2.18	2.29	2	2.15	2.27	1.98
Efecto del Precio del Petróleo sobre la producción						
Constante				0.02***	-	-
P. Petroleo				-0.0015	-0.0019	-
R ² Aj.				0.08	0.08	-
DW				2.04	2.2	-
Efecto del Precio del Petróleo sobre el capital						
Constante				0.013***	-	0.028*
P. Petroleo				0.0017***	-	-0.004
R ² Aj.				0.56	-	0.4
DW				0.72	-	1.94
Efecto del Precio del Petróleo sobre el valor agregado						
Constante				0.02***	-	-
P. Petroleo				-0.0027*	-0.003*	-
R ² Aj.				0.12	0.13	-
DW				2.03	2.17	-

1/ GLS Cross Section Weights, white Heteroskedasticity - Consistent Standard Errors & Covariance

2/ GLS Variance Components

Resultados para el periodo 1991-2005, todas las regresiones incluyen 39 sectores y 15 observaciones, total datos 585

Los resultados se obtienen bajo tres diferentes especificaciones: una regresión por mínimos cuadrados generalizados con intercepto común para todos los sectores, otra que asume efectos fijos por sector y otra que asume que estos efectos son aleatorios.

Cuadro A7. Resultados Dinámicos Sistema VAR Estructural

V. Endogena	Oferta	wOferta	Efectos asociados con un cambio en el pasado de				Vol	wVol
			Campos	wCampos	Camneg	wCamneg		
Pib.	0.0082***		0.0043***		-0.001		0.011***	
Agr.	0.0097***		0.0035***		-0.0055***		0.0024***	
Min.	0.063***		0.004		-0.1768***		0.005	
Ind.	0.018***		0.006***		0.0054***		0.022	
Electr.	0.012***		-0.014***		-0.0081***		0.006***	
Const	0.0412***		-0.016***		0.032***		-0.093**	
Com.	0.017***		-0.0035*		0.0137***		0.096***	
Trans.	0.01***		0.0055***		0.023***		0.0062**	
Fin.	0.011***		0.004***		0.051***		0.0092***	
Ser.	0.018***		-0.012***		-0.0089***		0.0051***	

Descomposición de Varianza (4/8 trimestres)

Porcentaje de la varianza de V. endogena explicada por por innovaciones en precios y volatilidad

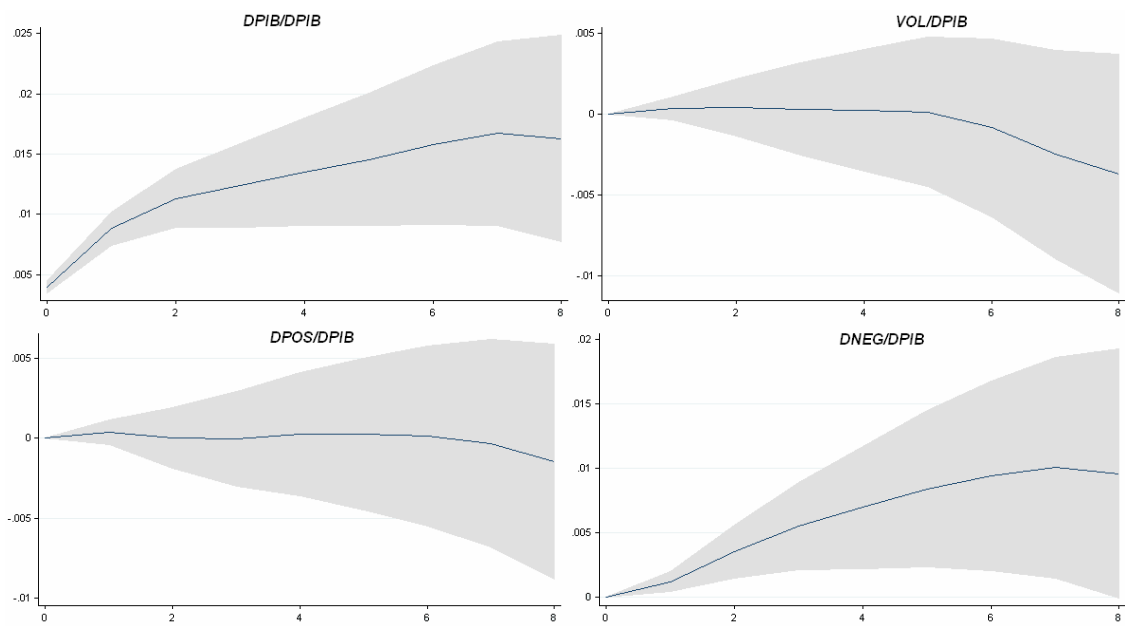
V. Endogena	Oferta	Campos	Camneg	Vol
Pib	0.739(7.12)	0.005(0.76)	0.248(2.43)	0.005(0.45)
	0.656(4.82)	0.007(0.56)	0.293(2.02)	0.042(1.15)
Agr	0.924(21.8)	0.000(0.10)	0.042(1.26)	0.032(0.89)
	0.712(6.98)	0.043(0.71)	0.044(1.39)	0.199(1.82)
Min	0.756(8.70)	0.078(1.39)	0.021(0.84)	0.143(1.78)
	0.447(4.03)	0.176(1.88)	0.161(1.44)	0.213(2.44)
Ind	0.926(14.7)	0.005(0.60)	0.063(0.95)	0.005(0.29)
	0.816(7.48)	0.031(0.98)	0.084(0.95)	0.067(0.98)
Electr.	0.886(11.3)	0.015(0.81)	0.057(0.81)	0.040(1.36)
	0.695(6.17)	0.045(1.16)	0.145(1.50)	0.112(1.70)
Const	0.877(13.2)	0.024(0.73)	0.064(1.00)	0.034(0.93)
	0.649(4.91)	0.023(0.83)	0.244(1.72)	0.082(1.41)
Com.	0.926(16.8)	0.000(0.15)	0.036(0.73)	0.036(0.90)
	0.745(5.80)	0.031(0.64)	0.132(1.09)	0.090(1.51)
Trans.	0.847(9.76)	0.008(0.43)	0.113(1.59)	0.030(0.80)
	0.611(6.71)	0.122(1.68)	0.123(2.22)	0.142(2.07)
Fin.	0.940(16.5)	0.018(0.94)	0.020(0.63)	0.020(0.58)
	0.733(6.91)	0.101(1.42)	0.139(1.79)	0.024(0.80)
Ser.	0.709(5.85)	0.002(0.34)	0.260(2.29)	0.027(1.12)
	0.608(4.82)	0.102(1.46)	0.212(2.35)	0.076(1.48)

* Significativo al 10%, ** Significativo al 5%, *** Significativo al 1%

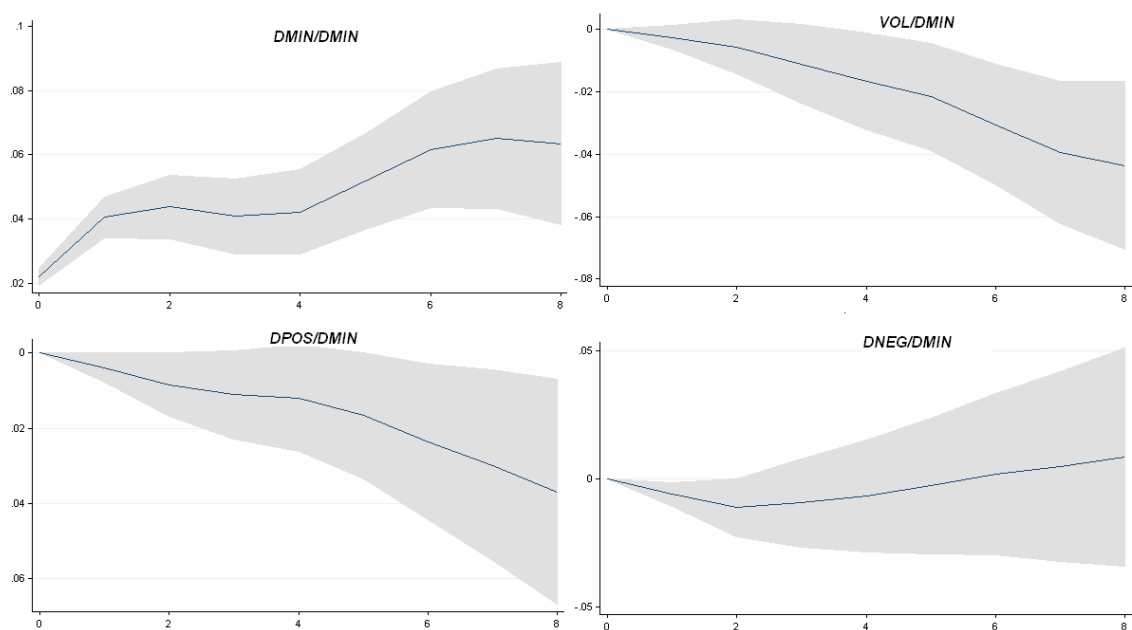
En parentesis el estadístico

En el análisis de descomposición de varianza, la primera línea corresponde al efecto en 4 trimestres y la segunda al impacto en 8 trimestres

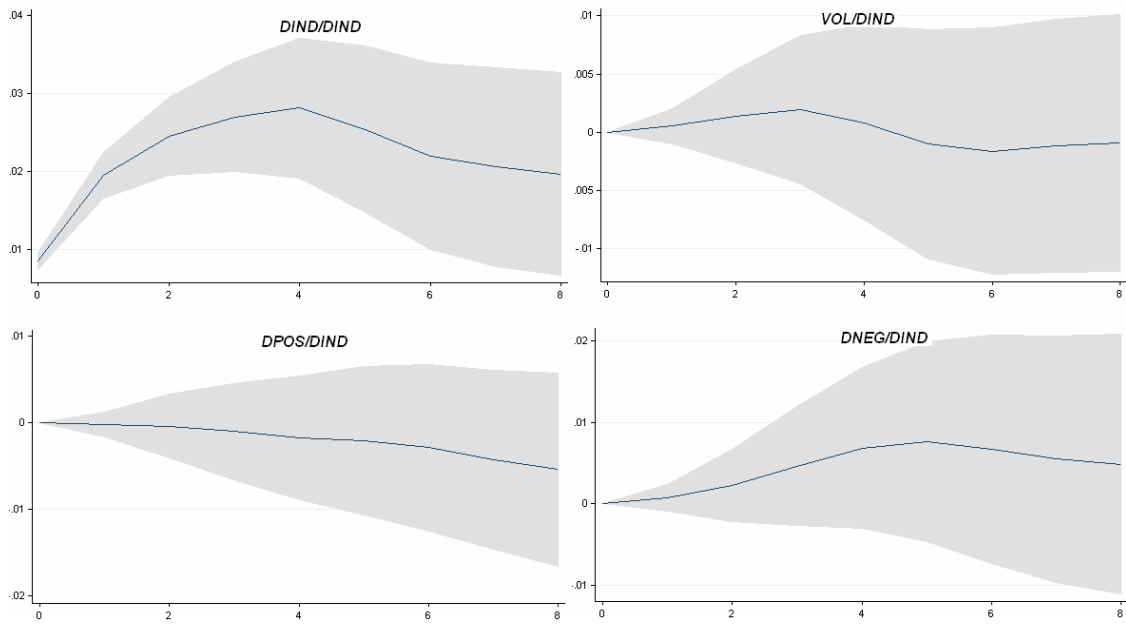
Graficas A1. Funciones de Impulso Respuesta para el PIB Agregado



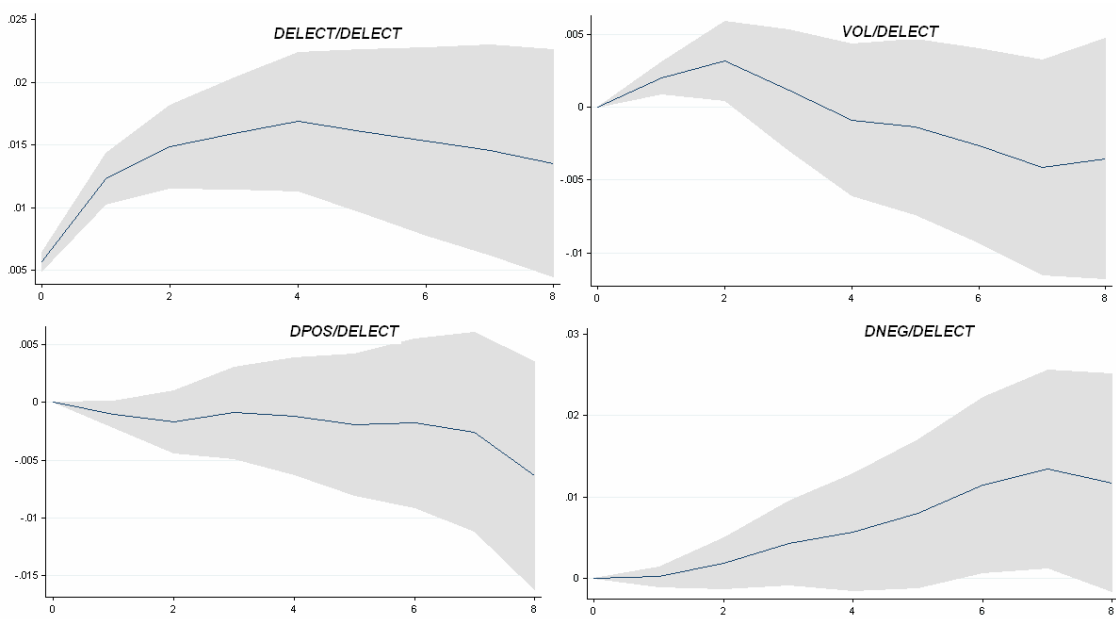
Graficas A2. Funciones de Impulso Respuesta para el PIB S. Minería.



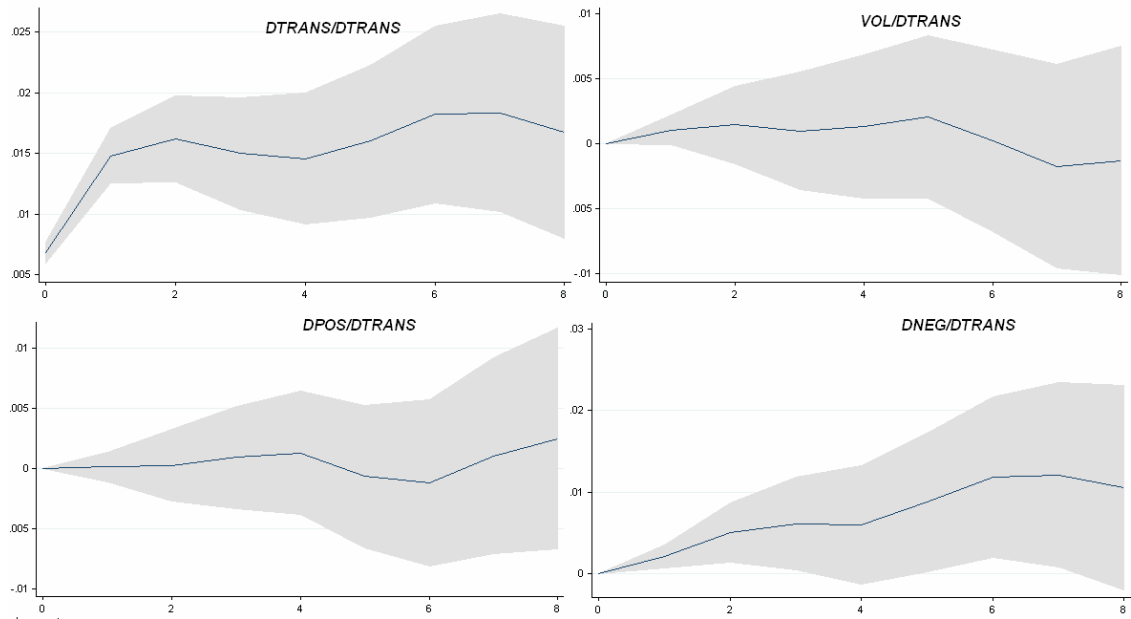
Graficas A3. Funciones de Impulso Respuesta para el PIB S. Industria.



Graficas A4. Funciones de Impulso Respuesta para el PIB S. Electricidad.



Graficas A5. Funciones de Impulso Respuesta para el PIB S. Transporte.



Graficas A6. Funciones de Impulso Respuesta para el PIB S. Servicios.

