

República de Colombia
Departamento Nacional de Planeación
Dirección de Estudios Económicos

ARCHIVOS DE ECONOMÍA

Inversión pública sectorial y crecimiento económico: Una aproximación desde la metodología VAR

Alvaro Andrés PERDOMO STRAUCH

Documento 208
7 de Octubre de 2002.

La serie ARCHIVOS DE ECONOMIA es un medio 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.

Inversión pública sectorial y crecimiento económico: Una aproximación desde la metodología VAR.

Álvaro Andrés PERDOMO STRAUCH* *

Resumen ejecutivo

El objetivo del presente documento es determinar para Colombia el impacto que tiene la inversión pública sectorial en el crecimiento económico. Ello permitirá conocer hacia que rubros se debe enfocar la inversión pública si se desean obtener unos mayores niveles de producción.

En la literatura económica existen cuatro metodologías principales para evaluar el impacto que tiene la inversión pública sectorial y total sobre el crecimiento económico. Estas son: la metodología de la función de producción, la metodología del comportamiento de la firma, el análisis a partir de cohortes y el uso de modelos VAR.

De las anteriores metodologías en el documento se utiliza la que hace referencia a los modelos VAR. La principal ventaja que presenta ésta frente a las otras metodologías es que no restringe las estimaciones econométricas a relaciones de causalidad unidireccionales. Además, no ha sido utilizada para analizar el caso colombiano.

En el documento se llega a la conclusión que los rubros de la inversión pública sectorial en Colombia que tienen un mayor impacto positivo sobre la producción de la economía son en su orden el de electricidad, gas y agua; el de educación; y el de minería e industria manufacturera.

Clasificación JEL: H54; O23; C32.

Palabras claves: Inversión pública; crecimiento económico; modelos VAR.

* Consultor de la Dirección de Estudios Económicos. Documento financiado por el Proyecto Modernización de la Administración Financiera del Sector Público II (MASFP II). Se agradecen los comentarios de Andrés Escobar y de Gabriel Piraquive. Las opiniones y posibles errores en este trabajo son de la responsabilidad exclusiva del autor y no comprometen al Departamento Nacional de Planeación.

Contenido

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. EL DEBATE EMPÍRICO INTERNACIONAL	2
1.1. Metodología de la función de producción	2
1.2. Metodología del comportamiento de la firma	5
1.3. Análisis a partir de cohortes	5
1.3.1. Internacional	6
1.3.2. Regional	6
1.3.3. Empresarial	7
1.4. Metodología VAR	7
2. ESTUDIOS HECHOS EN COLOMBIA	9
3. COMPORTAMIENTO DE LA INVERSIÓN Y DEL PIB EN COLOMBIA	10
3.1. Comentarios acerca de las fuentes	11
3.2. Hechos estilizados	12
4. ANÁLISIS VAR: TEORÍA	15
4.1. El VAR estructural	15
4.2. La función impulso-respuesta	19
4.3. Descomposición de varianza	20
4.4. Resumen de la metodología	21
5. ANÁLISIS VAR: APLICACIÓN EMPÍRICA	22
5.1. Análisis de raíz unitaria	22
5.2. Análisis de cointegración	24
5.3. Estructura del VAR estándar	25
5.4. Las restricciones de identificación de Choleski	26
5.5. Análisis de impulso-respuesta	26
5.6 Análisis de descomposición de varianza	27
6. CONCLUSIONES	28
BIBLIOGRAFÍA	30
ANEXO A: Nomenclatura y Fuentes	38
ANEXO B: Estadísticas históricas de Colombia	40
ANEXO C: Pruebas de raíz unitaria	42
ANEXO D: Pruebas de cointegración	47
ANEXO E: Gráficos del logaritmo y de la primera diferencia del logaritmo de las series	52
ANEXO F: Funciones de impulso-respuesta	53
ANEXO G: Descomposición de varianza	57

Inversión pública sectorial y crecimiento económico: Una aproximación desde la metodología VAR.

Álvaro Andrés PERDOMO STRAUCH* *

Introducción

El objetivo del presente documento es, por medio de la metodología VAR, determinar para Colombia el impacto que tiene la inversión pública sectorial sobre el crecimiento económico. Ello permitirá conocer hacia que rubros se debe enfocar la inversión pública si se desean obtener unos mayores niveles de producción.

En la literatura económica existe el debate acerca del impacto positivo o negativo que tiene la inversión pública sobre la tasa de crecimiento de la economía. Cuando el gobierno realiza una inversión se ocasiona un efecto directo y uno indirecto en el nivel de producto. El efecto directo siempre es positivo y viene determinado por el hecho de que cualquier incremento en la inversión llevada a cabo por una unidad económica aumenta la producción de aquella unidad. Mientras tanto, el impacto que tiene el efecto indirecto depende de la interacción que este tipo de inversión tenga sobre las acciones del sector privado.

Por un lado, si la inversión pública y la inversión privada son complementarias, los proyectos del gobierno pueden incentivar a los empresarios a incrementar su inversión, aumentándose de esta forma la producción privada. Por otro lado, la burocracia, las actividades de *rent-seeking* que favorecen ciertos grupos de presión, las ineficiencias en la provisión de productos, el efecto *crowding-out* y el efecto distorsionador de algunas políticas fiscales pueden ser nocivos para obtener un mayor crecimiento del producto.

Pero, más allá de saber si la inversión pública total afecta positiva o negativamente a la inversión privada y al crecimiento económico, es importante indagar cuáles rubros tienen un impacto positivo sobre el nivel de producto y cuáles no para así redireccionar el gasto público en inversión.

* Consultor de la Dirección de Estudios Económicos. Documento financiado por el Proyecto Modernización de la Administración Financiera del Sector Público II (MASFP II). Se agradecen los comentarios de Andrés Escobar y de Gabriel Piraquive. Las opiniones y posibles errores en este trabajo son de la responsabilidad exclusiva del autor y no comprometen al Departamento Nacional de Planeación.

Este escrito se encuentra dividido en seis secciones. En la primera se hace una revisión de la literatura internacional que surgió a raíz del artículo de Aschauer (1989a)¹ y se presentan las principales variantes de análisis empírico que surgieron a partir del mismo. En la segunda sección se analiza la literatura existente para el caso colombiano. En la tercera sección se presentan y analizan las series de la economía colombiana que van a ser utilizadas en la investigación. En la cuarta sección se explica la metodología VAR y se comentan los pasos que se han de seguir en la parte empírica del documento. En la quinta sección se hace el análisis empírico. Finalmente, en la sexta sección se presentan las conclusiones.

1. El debate empírico internacional

Esta sección resume cómo la literatura económica de los últimos quince años ha tratado de determinar empíricamente el impacto que tiene la inversión pública total y sectorial sobre el crecimiento económico.

Desde que Aschauer publicó su artículo polémico en 1989, se han utilizado cuatro metodologías principales para analizar el impacto que tiene la inversión pública sectorial y total sobre el crecimiento económico²: la que parte del análisis de la función de producción, la que parte del análisis del comportamiento de la firma (a partir de la función de costos o de la función de beneficio), la que hace el análisis a partir de cohortes, y la que se basa en el análisis de modelos VAR.

1.1. Metodología de la función de producción. Esta es la metodología que ha sido más ampliamente utilizada³. El trabajo pionero en la utilización de la misma es el de Aschauer (1989a).

Aschauer parte del análisis de una función de producción Cobb-Douglas generalizada y después de hacerle una serie de transformaciones procede a estimar las siguientes ecuaciones para la economía de los Estados Unidos⁴:

¹ La importancia de este artículo radica en que revivió el debate acerca del impacto que tiene la inversión pública total y sectorial sobre el crecimiento económico.

² En Munnell (1992), Gramlich (1994) y Sturm, Kuper y De Haan (1996) se encuentran interesantes resúmenes acerca de estas metodologías.

³ Entre los trabajos más citados que utilizan esta metodología están: Aschauer (1989a), Munnell (1990a), Ford y Poret (1991), Eisner (1994) y Sturm y De Haan (1995).

⁴ En el artículo de Aschauer se estiman muchas otras ecuaciones. Sin embargo, para el desarrollo del artículo es suficiente reseñar únicamente las dos ecuaciones que se presentan a continuación.

$$y_t - k_t = a_0 + a_1 t + a_2 (n_t - k_t) + a_3 (g_t - k_t) + a_4 cu_t + u_t$$

$$y_t - k_t = a_0 + a_1 t + a_2 (n_t - k_t) + a_{31} (k_{1t} - k_t) + a_{32} (k_{2t} - k_t) + a_4 cu_t + u_t$$

donde y_t , k_t , n_t , g_t , y cu_t son los logaritmos de la producción real agregada del sector privado (Y_t), del stock de capital agregado no residencial (K_t), del empleo del sector privado (N_t), del stock de capital público (G_t) y de la tasa de utilización de la capacidad (CU_t)⁵ respectivamente. k_{1t} y k_{2t} representan el logaritmo del stock de capital público en dos diferentes sectores de la economía⁶. a_2 , a_3 , a_{31} , a_{32} y a_4 son las elasticidades del producto respecto a N , G , K_1 , K_2 , y CU respectivamente. $a_0 + a_1 t$ es un término que busca recoger el progreso técnico. Finalmente, u_t es el término de error de la estimación econométrica.

Al estimar las anteriores dos ecuaciones Aschauer concluye que: (1) la inversión pública tiene un efecto considerable sobre el crecimiento económico⁷, y (2) el impacto que tiene la inversión pública no militar en la productividad de la economía, en particular la que se hace en infraestructura pública núcleo (vías, acueductos, servicios de electricidad y gas, etc), es superior al impacto que tiene el gasto del gobierno y la inversión pública militar.

La idea que subyace detrás del trabajo de Aschauer se puede resumir así: la inversión pública induce un crecimiento en la tasa de retorno del capital privado⁸, incrementándose de esta forma el nivel de productividad de la economía, lo que a su vez estimula el gasto en inversión privada y el crecimiento económico.

Sin embargo, esta metodología y en particular el artículo de Aschauer han recibido bastantes críticas entre las cuales se destacan las siguientes cuatro⁹: Inconsistencia de los resultados, problemas de especificación, mal manejo de las relaciones de causalidad, y posibles estimaciones espurias dado que no se considera la información contenida en las series de tiempo de los datos.

La primera crítica surge debido a que es cuestionable la magnitud de 0.39 que Aschauer encontró para la elasticidad del producto con respecto al capital público de Estados Unidos. Gramlisch (1994)

⁵ Este último término es incluido para tener en cuenta la influencia del ciclo económico.

⁶ Dependiendo del número de sectores que se quiera comparar se podrían incluir un k_{3t} , k_{4t} , etc.

⁷ Eso lo lleva a afirmar que una gran proporción del decaimiento en la productividad del PIB de los Estados Unidos durante la década del setenta puede ser explicado por la disminución en el gasto de inversión pública.

⁸ El impacto positivo que tiene la inversión pública sobre la inversión privada es superior al impacto negativo producto del efecto crowding-out (En Aschauer 1989b se analiza más detalladamente este último efecto).

⁹ Algunas de las críticas son superadas en trabajos que se han hecho posteriormente.

calcula que este dato implica un producto marginal del capital público de al menos el 100% por año, algo que resulta implausible. Munnell (1992) y Zegeye (2000) al examinar varios artículos deducen que el valor de la elasticidad, utilizando la metodología de la función de producción, va a depender del grado de agregación de la unidad de estudio. En estudios a nivel regional la magnitud es menor que a nivel nacional, y en estudios a nivel local es aun más pequeña.

La segunda crítica radica en que Aschauer comete algunos problemas de especificación. Primero, al utilizar una función de producción Cobb-Douglas esta restringiendo su modelo al suponer implícitamente que la elasticidad de sustitución entre los factores de producción debe ser igual a uno. Esta crítica ha sido superada en posteriores trabajos que utilizan funciones de producción más complejas como las traslogarítmicas. Segundo, Tatom (1991) considera que la metodología de la función de producción es inadecuada porque omite los precios de los insumos (por ejemplo el precio del petróleo y de la energía) y también porque coloca demasiadas restricciones sobre el comportamiento de la firma. Este último problema ha tratado de ser superado mediante el uso de la metodología de comportamiento de la firma la cual va a ser analizada en la subsección 1.2. Tercero, Duggal, Saltzman y Klein (1999) cuestionan el uso de la variable grado de utilización de la capacidad (CU) como una forma de tener en cuenta el ciclo económico. La base de la crítica es que este parámetro es un factor aditivo en la ecuación estimada en logaritmos, lo que implica que es un factor multiplicativo en la función de producción. El problema radica en que éste es un supuesto muy restrictivo debido a que un cambio en la utilización de la capacidad altera la utilización de todos los insumos en la misma magnitud, dando como resultado que las tasas de sus productividades marginales permanecen iguales.

La tercera crítica se debe a que de entrada esta metodología considera que la única relación de causalidad existente es de la inversión pública hacia el crecimiento del producto, dejando de lado la probabilidad de que se de el efecto inverso. En varios escritos se ha encontrado que existe una relación de causalidad importante que va de la producción a la inversión pública¹⁰.

Y finalmente, la cuarta crítica se fundamenta en que si las series no son estacionarias, entonces puede existir una correlación espuria entre las variables. En algunos escritos para superar este problema se hacen estimaciones con respecto a la primera diferencia de las variables. No obstante, surgen otros problemas pues las ecuaciones estimadas de esta forma a menudo producen valores poco creíbles para las elasticidades del trabajo, del capital público y del capital

¹⁰ Ver por ejemplo Eisner (1991), Tatom (1993), Arghyrou (2000). Por otro lado, Canning (1999) encuentra una fuerte relación bidireccional entre la producción y el stock de infraestructura pública.

privado. Además, la primera diferencia destruye la relación de largo plazo de los datos (Munnell, 1992; Sturm, Kuper y De Haan, 1996).

1.2. Metodología del comportamiento de la firma. Partiendo de resolver el problema del productor, en donde éste busca minimizar costos o maximizar beneficios, y haciendo uso de algunos supuestos y consideraciones teóricas, los autores que siguen esta metodología construyen y estiman ecuaciones que involucran la elasticidad del producto con respecto a diferentes medidas del stock de capital público y privado¹¹.

Esta aproximación comenzó a ser utilizada como una forma de resolver algunos de los problemas de especificación presentes en la metodología de la función de producción. Además, presenta la ventaja de que puede adoptar formas funcionales bastante flexibles, permitiendo la opción de que se establezcan restricciones sobre la función de producción. Sin embargo, la misma ofrece cuatro inconvenientes. Primero, varios de los trabajos que utilizan ésta metodología usan funciones de costo traslogarítmicas y Leontief generalizadas las cuales frecuentemente fallan en satisfacer las condiciones teóricas de curvatura apropiadas¹². Segundo, es fácil que no se puedan cumplir ciertos supuestos teóricos. Por ejemplo, en el artículo de Sturm y Kuper (1996) se viola en algunas ecuaciones las condiciones para la minimización de los costos. Tercero, en algunos artículos es necesario que sean tomados en cuenta muchos parámetros o existen problemas de multicolinealidad. Por lo tanto, requieren una gran cantidad de información la cual no siempre es fácil conseguir (Sturm, Kuper y De Haan 1996). Cuarto, presenta los mismos problemas de causalidad y de series de tiempo que tiene la metodología de la función de producción.

Los estudios que utilizan la metodología del comportamiento de la firma generalmente concluyen que el impacto que tiene el capital público sobre el crecimiento económico es inferior al reportado por Aschauer y en algunos artículos el mismo no es estadísticamente significativo o es negativo¹³.

1.3. Análisis a partir de cohortes. Esta aproximación se puede dividir en tres tipos según el grado de agregación de la unidad de estudio: Internacional, regional y empresarial.

¹¹ Entre los artículos más importantes que utilizan esta metodología están Berndt y Hansson (1991); Lynde y Richmond (1992); Moreno, López-Bazo y Artís (1999), Sturm y Kuper (1996) y Sturm (2001).

¹² Sturm (2001) analiza este problema y trata de resolverlo mediante el uso de una función de costos Mc Fadden generalizada.

¹³ Un resumen comparativo de los resultados obtenidos con la metodología de la función de producción y del comportamiento de la firma se encuentra en las tablas A.1 y A.2 presentes en Sturm, Kuper y De Haan (1996).

1.3.1. Internacional. Existen dos fuentes básicas para hacer el análisis: Barro (1989, 1991)¹⁴ y Aschauer (1989a)¹⁵.

Los artículos que se basan en Barro recopilan para una muestra de países información de varios indicadores, entre los que se encuentran los de inversión pública para diferentes sectores de la economía, y posteriormente hacen estimaciones de corte transversal. Esta metodología presenta varios problemas, por ejemplo: Levine y Renelt (1992) consideran que las estimaciones de corte transversal a nivel internacional pueden no ser muy robustas debido a la heterogeneidad que tienen los diferentes países. Lee, Pesaran y Smith (1997) muestran que las pruebas de convergencia obtenidas en este tipo de regresiones están probablemente erradas porque los coeficientes estimados sobre el término de convergencia tienen sesgo asintótico. Quah (1993) afirma que los patrones de crecimiento de largo plazo resultantes son inestables.

Por otro lado, aunque en Aschauer (1989a) no se hacen estimaciones de cohortes, los artículos que siguen esta línea de investigación lo que buscan es acomodar el análisis de este autor a un sistema de datos panel para posteriormente efectuar las respectivas estimaciones. Esta metodología está sujeta a las mismas críticas que se le hacen al trabajo de Aschauer y a la existencia de heterogeneidad entre los diferentes países.

Ramírez y Salehi (1999) en una primera parte de su artículo acomodan la metodología de la función de producción a un análisis de corte transversal para evaluar el impacto que tiene la inversión en infraestructura sobre el crecimiento económico. En este estudio, los autores concluyen que dicho impacto es considerable.

1.3.2. Regional. A partir de estimaciones parecidas a las de Aschauer, pero utilizando datos a nivel subnacional de los Estados Unidos, Munnell (1990b), Yamarik (2000) y Zegeye (2000) hacen estimaciones de datos panel o de corte transversal¹⁶. Munnell encuentra que la inversión en capital público tiene un impacto moderado sobre el nivel de producto. Yamarik concluye que la inversión en infraestructura, principalmente en vías y carreteras tiene un impacto importante sobre la producción privada. Zegeye encuentra a nivel estatal y a nivel local una relación positiva entre la producción y la inversión pública, donde el impacto a nivel estatal es superior.

¹⁴ Algunos artículos que siguen la vía de Barro son Easterly y Rebelo (1993), Hulten (1996), Devarajan, Swaroop y Zou (1996) y Canning y Pedroni (1999).

¹⁵ Algunos artículos que siguen esta vía son Aschauer (1989c), Ford y Poret (1991) y Evans y Karras (1994)

¹⁶ En Guild (1998) se presenta un interesante resumen acerca de la literatura que analiza el impacto que tiene la inversión en infraestructura sobre el nivel de desarrollo regional.

Siguiendo estimaciones de datos panel Stephan (2001) hace un estudio para Francia y Alemania. Stephan concluye que la inversión pública en carreteras tiene un impacto significativo sobre el nivel de producto a nivel regional.

1.3.3. Empresarial. Reinikka y Svenson (1999) a partir de un análisis de corte transversal a nivel empresarial determinan como una inadecuada provisión de infraestructura pública tiene un impacto negativo sobre las inversión privada en Uganda.

Nadiri y Mamuneas. (1999) mezclan la metodología de la función de producción y la del comportamiento de la firma para hacer un estudio al nivel de las empresas manufactureras de los Estados Unidos durante el período 1956-1986. En este estudio los autores encuentran que las inversiones públicas en infraestructura y en investigación y desarrollo tienen un impacto positivo importante sobre la productividad total de los factores.

1.4. Metodología VAR. Un modelo VAR es un sistema de ecuaciones conformado por un número predeterminado de variables que son explicadas por sus propios rezagos, por los rezagos de las otras variables que hacen parte del sistema y en algunos casos por variables determinísticas (constante, tendencia y variables dummy).

Usar esta metodología tiene la ventaja que a priori no se impone una dirección de causalidad entre las variables. Sin embargo, tiene la desventaja de que por cada rezago incluido se pierden $k \times n$ grados de libertad, donde k es el número de rezagos y n es el número de variables dentro del sistema VAR, debilitando así los resultados de las pruebas econométricas.

Dentro de los artículos que utilizan la metodología VAR se encuentran los siguientes: Cullison (1993), Clarida (1993), Sturm, Jacobs y Groote (1995), Mohadjemi y Huh (1998), Arghyrou (2000), Mamatzakis (2000, 2001), Pereira (2001). En estos artículos, a partir de estimaciones de modelos VAR o VEC estructural y utilizando la metodología de Sims (1980), se desarrollan análisis de impulso-respuesta y/o de descomposición de varianza y se concluye cuál es el impacto que tiene la inversión pública sobre el crecimiento económico (o sobre la inversión privada) y viceversa^{17,18}.

¹⁷ Algunos artículos también complementan el análisis con pruebas de causalidad de Granger.

¹⁸ Dado que ésta es la metodología que se va a utilizar en el artículo, entonces en la sección 4 se explica más detalladamente cómo funciona.

Cullison (1993) hace el análisis con respecto a datos anuales de Estados Unidos desde 1955 hasta 1992¹⁹. Las variables consideradas dentro del análisis son los logaritmos del PIB y de diferentes rubros del gasto público por función. Cullison concluye que las inversiones públicas en educación y en entrenamiento laboral son las que tienen un impacto positivo estadísticamente más significativo sobre el crecimiento económico.

Clarida (1993) investiga empíricamente la relación entre el logaritmo del capital público y el logaritmo de la productividad multifactorial en Estados Unidos, Alemania, Francia y el Reino Unido. El artículo concluye que no hay una clara evidencia que apoye la tesis que el gasto en capital público influencia la producción o la productividad en el largo plazo.

Sturm, Jacobs y Groote (1995) hacen un análisis para Holanda durante el período 1853-1913. Las series utilizadas dentro del mismo son PIB, inversión pública en infraestructura básica, en infraestructura complementaria y en maquinaria y equipo²⁰. A diferencia de Clarida, en este artículo los autores encuentran evidencia que apoye la tesis que el gasto en capital público influencia la producción o la productividad en el largo plazo.

Arghyrou (2000) investiga la existencia y naturaleza de las relaciones de largo plazo entre el PIB de Grecia y cuatro categorías del gasto público: en inversión, en personal, en servicio de la deuda y en consumo público productivo. Arghyrou concluye que incrementos del gasto público en personal y en servicio de la deuda no son seguidos por un incremento en la producción. Sin embargo, la inversión pública y el gasto en consumo público productivo parecen tener una relación de largo plazo positiva con el PIB, donde la causalidad es de doble vía.

A diferencia de los artículos anteriores, los escritos de Monadjemi y Huh (1998), Mamatzakis (2000, 2001) y Pereira (2001) no estudian la relación entre la inversión pública y el crecimiento económico (o el nivel de producto, o la productividad total de factores). En los mismos, es más importante analizar la relación entre la inversión pública y la inversión privada. No obstante, dada la cercanía que existe entre las dos relaciones, se decidió incluir estos artículos como referencia en el presente documento.

¹⁹ No en todos los casos fue posible utilizar ésta periodicidad.

²⁰ Las inversiones en infraestructura básica son aquellas que pertenecen a sectores que exhiben, o cercanamente exhiben, características de sector de infraestructura (carácter público e importancia fundamental para otros sectores de la economía; inversiones de carácter no transable y de magnitud monetaria importante; bienes producidos que son indivisibles técnica y espacialmente). Estos sectores son: red ferroviaria, carreteras, canales fluviales, diques, etc. Los sectores en los que se hacen inversiones en infraestructura complementaria son: gas, electricidad, acueducto, redes telefónicas, etc.

Monadjemi y Huh (1998) hacen un análisis para tres países individualmente: Australia, el Reino Unido y Estados Unidos. Las variables consideradas en el estudio son inversión pública, inversión privada, beneficios corporativos y tasa de interés. Monadjemi y Huh concluyen que en Australia la inversión del gobierno tiene un impacto negativo sobre la inversión privada. En los otros países no se dieron efectos significativos.

Mamatzakis (2000, 2001) investiga la relación entre el gasto público y la inversión privada en Grecia. En el artículo de 2000 Mamatzakis encuentra que hay un efecto *crowding-in* de la inversión del gobierno a la inversión privada, mientras que éste no se presenta del último al primero. Adicionalmente, en el artículo de 2001 el autor deduce que los diferentes componentes del gasto público en consumo compiten por recursos con el gasto público en inversión. Por lo tanto, el primer tipo de gasto afecta negativamente por esta vía a la inversión privada.

Finalmente, Pereira (2001) analiza los efectos de la inversión pública sobre el desarrollo del sector privado para un grupo de doce economías: Australia, Bélgica, Canadá, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Japón, España, Suecia, Reino Unido y Estados Unidos. Las estimaciones resultantes sugieren que para la mayoría de los países se presenta un efecto *crowding-in* entre las inversiones públicas y privadas.

2. Estudios hechos en Colombia

El primer trabajo que estudia la relación entre la inversión pública y el crecimiento económico en Colombia es el de Sánchez (1993). En éste se encuentra replicado el trabajo de Aschauer (1989a, 1989b). La diferencia con los artículos de Aschauer es que a la hora de hacer el análisis econométrico, para tratar de evitar los problemas de causalidad, se hacen estimaciones en etapas considerando el uso de variables instrumentales. Sánchez concluye que el capital público, y fundamentalmente la infraestructura núcleo tienen un impacto positivo sobre la productividad, sobre la tasa de inversión privada y por consiguiente sobre el crecimiento económico²¹. Además, el costo que incurre el sector privado a raíz del efecto *crowding-out* es inferior a los beneficios que obtiene de un incremento en la inversión pública.

²¹ El estudio de Sánchez encuentra que un incremento del 1% en el stock de infraestructura núcleo aumenta en 0.14% la productividad de otros factores.

Utilizando la metodología de Aschauer (1989a) y posteriormente adaptándola para un estudio de paneles departamentales, Cárdenas, Escobar y Gutiérrez (1995a, 1995b) miden cuál es la contribución de la infraestructura a la actividad económica en Colombia. En estos artículos los autores llegan a la conclusión que a nivel nacional durante el período 1950-1994 un aumento del 8% del stock de capital público esta asociado con un incremento del 1% en el PIB. Por otro lado, el panel departamental revela que para el período 1980-1991 la elasticidad del PIB con respecto a la inversión pública local se encuentra alrededor de 0.25, la cual es dos veces mayor que la estimada a nivel nacional. Por último, se encuentra que la inversión pública en infraestructura ayudó a impulsar el mayor crecimiento que tuvieron los departamentos menos desarrollados de Colombia.

En Roa, Stevenson y Sánchez (1995) y en Sánchez, Rodríguez y Núñez (1996), a partir del análisis de una función de producción CES con elasticidad de sustitución constante en el primero y de una función de producción Cobb-Douglas en el segundo, se deduce que existe una relación importante entre la disponibilidad de infraestructura y de escolaridad con respecto a la productividad industrial. Una variación del 1% en la infraestructura núcleo ocasiona un incremento de 0.13% en la productividad total, mientras que un incremento de un año en la escolaridad promedio la incrementa en 0.18%.

En la segunda parte del artículo de Ramírez y Salehi (1999) se hace un análisis departamental de corte transversal para el período 1960-1990. En el mismo, los autores concluyen que el impacto que tiene la inversión en infraestructura sobre el crecimiento económico es considerable.

3. Comportamiento de la inversión y del PIB en Colombia.

En esta sección se analizan las series que van a ser utilizadas en el proyecto: PIB, inversión privada total, inversión pública total e inversión pública en cada uno de los sectores económicos²². La periodicidad de las tres primeras series va desde 1950 hasta 1997, mientras que la de las últimas va desde 1975 hasta 1994, claro que en algunos sectores, dependiendo de la disponibilidad de los datos, la periodicidad va desde 1970 hasta 1994. En el anexo B se presentan cuadros que resumen el comportamiento de las series anteriormente mencionadas.

²² Los sectores económicos que componen la inversión pública en Colombia son: (1) administración pública general; (2) defensa; (3) educación; (4) salud y sanidad; (5) seguridad y asistencia social; (6) vivienda y ordenación urbana y rural; (7) servicios culturales y recreativos; (8) administración de servicios económicos; (9) agricultura, silvicultura, pesca y caza; (10) minería e industria manufacturera; (11) electricidad, gas y agua; (12) carreteras; (13) transporte y comunicaciones; (14) otros servicios económicos; y (15) deuda pública y otras finalidades no asignables.

El análisis de las series se hace en dos partes. En la primera se presentan algunos comentarios acerca de las fuentes utilizadas en la recopilación de los datos²³ y en la segunda se hace el análisis de hechos estilizados a las series.

3.1. Comentarios acerca de las fuentes. Con respecto a las fuentes se tienen tres comentarios. Primero, los datos provienen directa o indirectamente de las Cuentas Nacionales publicadas por el Banco de la República (1950-1969) y por el DANE (1970-1997)²⁴.

Segundo, dentro de las Cuentas Nacionales han ocurrido dos cambios metodológicos importantes. El primero en 1970 cuando el DANE comenzó a operar un sistema de cuentas que entraría a reemplazar el que manejaba el Banco de la República. El segundo en 1994 cuando el DANE decidió modernizar dicho sistema.

El empalme de las series agregadas durante el primer cambio metodológico no reviste mayor problema porque existe una coincidencia entre los datos del Banco y los del DANE²⁵. Por otro lado, dado que el segundo cambio todavía no ha sido plenamente implementado por el DANE, no es muy claro cómo es el empalme entre las series. Por lo tanto, los datos posteriores a 1994 corresponden a cifras calculadas por el DNP.

Tercero, la inversión pública por sectores económicos²⁶ es una forma de desagregación de la inversión pública total que no fue considerada por el Banco de la República durante el período en que éste se hizo cargo de las Cuentas Nacionales. Por otro lado, el DANE comenzó a preocuparse por su cálculo a comienzos de los ochenta y desde entonces ha publicado la clasificación muy esporádicamente en una serie de documentos y boletines especiales dedicados al análisis del sector público. La desagregación se consigue para el período 1975-1994, y en algunos sectores se tienen datos desde 1970. Para años posteriores a 1994 no existe información dado que el DANE no ha terminado la implementación de la nueva metodología.

²³ De esta forma el lector se puede dar una idea del alcance del artículo.

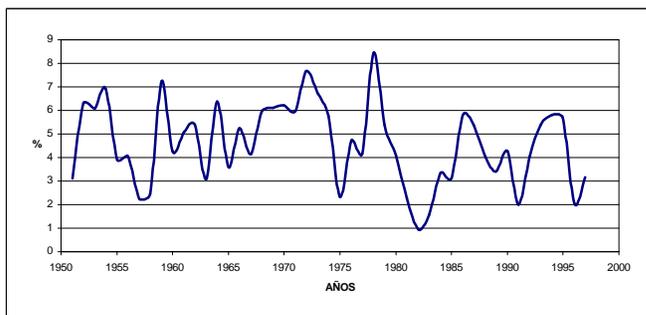
²⁴ En el anexo A se encuentra en detalle las fuentes donde fueron recopilados los datos.

²⁵ Para la década del setenta existen datos con ambos sistemas.

²⁶ El DANE clasifica este rubro como inversión pública por finalidad. No hay que confundir esta clasificación con la de inversión de las administraciones públicas por finalidad (dato que es frecuentemente recopilado en las Cuentas Nacionales del DANE), porque la misma no incorpora la inversión pública hecha por las empresas financieras y las no financieras.

3.2. Hechos estilizados. Con respecto a las series durante el período de estudio se destacan cinco hechos estilizados^{27,28}.

Gráfico 1
Tasa de crecimiento del PIB real

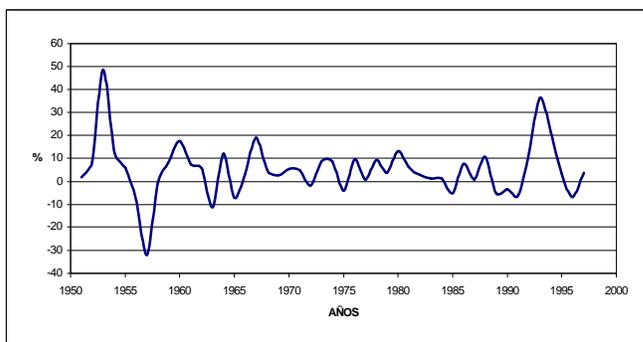


Primero, el PIB real creció todos los años (ver cuadro B.1 y gráfico 1). Teniendo una tasa de crecimiento mínima de 0.95% en 1982 y una máxima de 8.47% en 1978. La tasa promedio es de 4.58% (ver cuadro 1).

Cuadro 1
TASAS DE CRECIMIENTO

Estadísticas	PIB	IPRIT	IPUBT	APG	ASCP	ASE	CARR	D	E
Máximo	8.47	53.57	43.53	147.46	539.41	141.50	62.81	18840.93	64.90
Mínimo	0.95	-36.44	-20.61	-26.21	-62.85	-60.31	-38.24	-99.21	-20.93
Media	4.58	4.12	8.97	17.06	30.13	22.19	9.22	967.95	8.83
Desv. Est.	1.71	15.59	16.07	40.73	129.31	51.11	22.95	3770.10	25.73
Estadísticas	EGYA	MIM	OSE	SCYR	SYAS	SYS	TYC	VOUR	
Máximo	54.49	104.15	80.59	805.35	54.80	67.04	218.04	3378.66	
Mínimo	-20.00	-66.52	-56.28	-83.80	-38.59	-46.18	-62.30	-97.72	
Media	8.13	14.37	6.98	47.01	6.15	8.41	20.83	189.53	
Desv. Est.	18.35	37.64	39.08	162.80	27.51	25.60	56.56	754.11	

Gráfico 2
Tasa de crecimiento de la inversión total



Segundo, la inversión total siempre ha crecido excepto durante unos pocos y cortos períodos de tiempo (ver gráfico 2). Su crecimiento promedio es de 5.09%, su mayor crecimiento anual es de 48.51% en 1953. El período donde más creció fue entre los años 1991 y 1995, registrando un crecimiento de aproximadamente 92.69%²⁹.

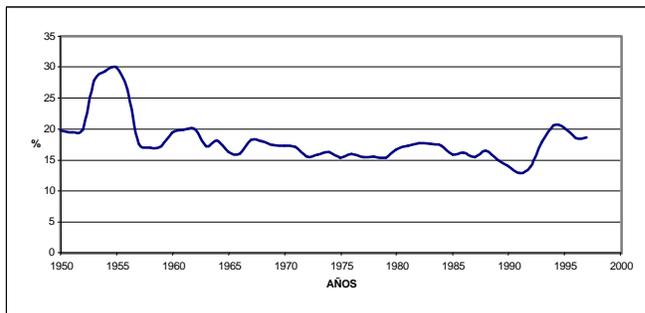
²⁷ Los significados de las abreviaciones que se encuentran en la presente sección son reportados en el anexo A.

²⁸ En el anexo B se encuentran cuadros con las estadísticas de las series.

²⁹ Obsérvese que éste período coincide con el comienzo de la apertura económica.

Gráfico 3

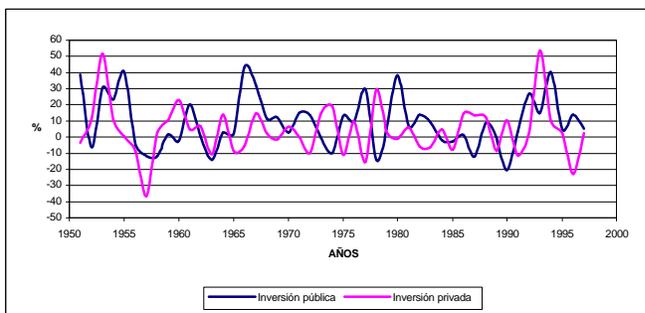
Participación de la inversión total con respecto al



Además, la participación de la inversión total con respecto al PIB nunca ha sido superior al 30%, tiene una tendencia decreciente y en promedio se sitúa alrededor del 18.10% (ver gráfico 3).

Gráfico 4

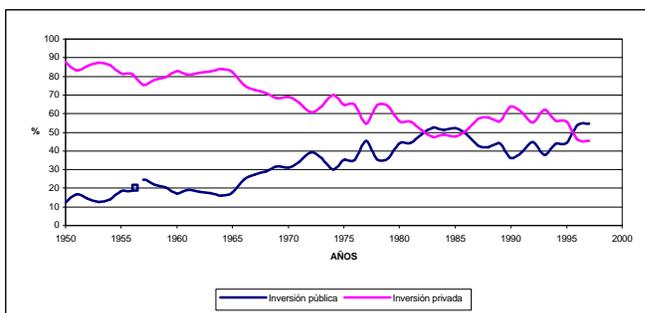
Tasa de crecimiento de las inversiones pública y privada



Tercero, la inversión pública tiene un crecimiento promedio mayor que el de la inversión privada. La primera tiene una tasa de crecimiento promedio de 8.97% mientras que la de la segunda es de 4.12%(ver cuadro 1 y gráfico 4).

Gráfico 5

Participaciones con respecto a la inversión total



Por otro lado, la inversión privada comenzó teniendo una participación demasiado alta dentro de la inversión total (ver gráfico 5). La participación de ambas inversiones durante la década del cincuenta era de 8 a 2 a favor de la inversión privada. Sin embargo, la misma fue decreciendo con el paso del tiempo y desde la década del ochenta la participación se volvió de 5.5 a 4.5 a favor de la inversión privada^{30, 31}. No obstante, a partir del gráfico 4 se aprecia que no es

muy claro que exista un efecto *crowding-in* o *crowding-out* entre la inversión pública y la inversión privada.

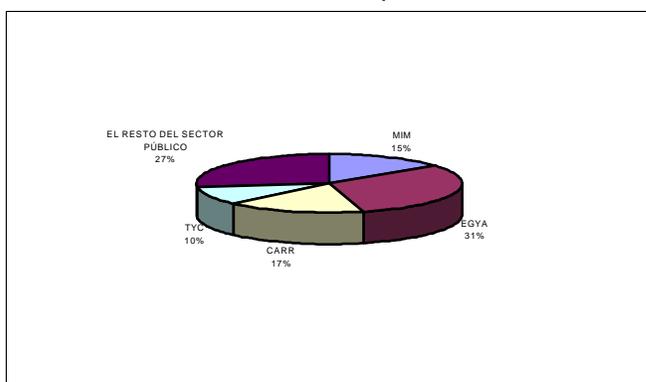
³⁰ Además, la inversión privada siempre ha sido superior a la inversión pública excepto durante unos breves períodos durante la década del ochenta y del noventa

³¹ Cárdenas y Olivera (1995) afirman que en términos generales el comportamiento opuesto de la inversión pública con respecto a la inversión privada se debe en parte a un manejo anticíclico de las finanzas públicas.

Cuarto, el comportamiento del PIB es mucho menos volátil que el de la inversión total³². Sin embargo, esta última es menos volátil que la inversión pública y la inversión privada³³ (ver cuadro 1).

Quinto, del análisis de la inversión pública sectorial se deduce que (ver gráfico 6 y cuadros 1, 2 y B.2.): (a) la inversión pública en energía, gas y agua (EGYA) es la más grande e históricamente se sitúa entre el 40% y el 24% de la inversión pública total; (b) si a este rubro se le adicionan las inversiones en minería e industria manufacturera (MIM), en carreteras (CARR) y en transporte y comunicaciones (TYC) se obtiene que

Gráfico 6
Participación promedio de los diferentes sectores dentro de la inversión pública total



estos sectores abarcan entre el 68% y el 82% de la inversión pública total; (c) el sector deuda pública y otras finalidades no asignables es el de menor participación dentro de la inversión pública total, casi siempre su participación fue del 0% y su máximo valor es en 1994 del 0.19%; (d) el tipo de inversión más volátil es la que se hace en defensa, seguida por el de

vivienda y organización urbana y rural³⁴; (e) las tasas de crecimiento más estables se dan en los sectores de electricidad, gas y agua, y de carreteras³⁵. Sin embargo, estas inversiones son aún más volátiles que el de la inversión pública total.

Cuadro 2
Participación de los diferentes sectores dentro de la inversión pública total

Estadísticas	APG	ASCP	ASE	CARR	D	DEPYOF	E	EGYA
Máximo	7.16%	3.91%	4.81%	21.95%	1.68%	0.19%	5.93%	39.70%
Mínimo	2.08%	0.43%	0.95%	8.40%	0.00%	0.00%	2.63%	24.86%
Media	3.88%	1.79%	2.67%	16.97%	0.43%	0.02%	3.89%	31.08%
Desv. Est.	1.18%	0.88%	1.20%	3.16%	0.47%	0.04%	0.93%	3.73%
Estadísticas	MIM	OSE	SCYR	SYAS	SYS	TYC	VOUR	
Máximo	29.35%	6.17%	2.24%	6.28%	4.98%	23.31%	6.00%	
Mínimo	6.38%	0.98%	0.06%	1.26%	1.60%	6.22%	0.05%	
Media	14.70%	3.59%	1.14%	3.45%	2.67%	10.23%	3.44%	
Desv. Est.	5.09%	1.29%	0.62%	1.40%	1.04%	3.38%	1.44%	

³² La desviación estándar de la tasa de crecimiento del PIB es 1.71 mientras que la de la tasa de crecimiento de la inversión total es 11.84

³³ La desviación estándar de las tasas de inversión pública y privada es 16.07 y 15.59 respectivamente.

³⁴ La desviación estándar de sus tasas de crecimiento es 3770.10 y 754.11 respectivamente. Aunque, se podría decir que el sector deuda pública y otras finalidades no asignables es el más volátil. Sin embargo, este rubro es un residuo dentro de las cuentas a nivel sectorial. Por lo tanto, su volatilidad no fue considerada.

³⁵ La desviación estándar de sus tasas de crecimiento es 18.35 y 22.95 respectivamente.

4. Análisis VAR: Teoría.

Esta sección se divide en cuatro subsecciones, así: en la primera se explica cómo se identifica un modelo VAR estructural³⁶; en la segunda y tercera subsección se comenta cómo funcionan los análisis de impulso-respuesta y de descomposición de varianza; finalmente, en la cuarta sección se resumen los principales pasos que se han de seguir para el desarrollo de la parte empírica del proyecto.

4.1. El VAR estructural. En un sistema VAR cada variable, no importa si es medida en niveles o en diferencias, es tratada simétricamente³⁷. En principio, el único rol que tiene la teoría económica es especificar las variables que van a ser incluidas dentro del sistema.

Considere un sistema de ecuaciones simultáneas representadas en forma vectorial así³⁸,

$$Ay_t = B(L)y_{t-1} + C\varepsilon_t \quad (1)$$

El modelo (1) es una representación general de un modelo VAR estructural donde y_t es el vector de las variables endógenas, y_{t-1} es el vector de sus valores rezagados, y ε_t es un vector ruido blanco de los términos de perturbación para cada variable. Estos términos de perturbación capturan cualquier factor exógeno en el modelo. La matriz cuadrada $A_{(n \times n)}$, donde n es el número de variables, contiene los parámetros estructurales de las variables endógenas contemporáneas. La matriz cuadrada $C_{(n \times n)}$ contiene las respuestas contemporáneas de las variables con respecto a las perturbaciones o innovaciones. $B(L)$ es una matriz polinomial de grado p con respecto al operador de rezago L , donde p es el número de valores rezagados utilizados en el modelo³⁹.

El problema con el modelo (1) es que los coeficientes de las matrices son desconocidos y las variables tienen efectos contemporáneos entre ellas. Debido a la retroalimentación inherente en el sistema, las ecuaciones dentro del VAR estructural no pueden ser estimadas directamente. La

³⁶ Los análisis de impulso-respuesta y de descomposición de varianza para que presenten resultados con algún sentido económico tienen que hacerse a partir de la representación de un VAR estructural.

³⁷ Todas las variables dentro del sistema tienen el mismo número de regresores y no hay variables exógenas.

³⁸ El modelo (1) podría incluir intercepto u otras variables determinísticas.

³⁹ El operador de rezago trabaja de la siguiente forma: $Ly_t = y_{t-1}$, $L^2y_t = Ly_{t-1} = y_{t-2}$, ..., $L^ny_t = y_{t-n}$. La matriz polinomial se representa como $B(L)y_{t-1} = B_0y_{t-1} + B_1Ly_{t-1} + B_2L^2y_{t-2} + B_pL^py_{t-1}$ donde todas las matrices B_i son $(n \times n)$.

razón es que las variables están correlacionadas con todos los términos de error dentro del sistema⁴⁰.

No obstante, es posible transformar el modelo (1) en un modelo en forma reducida tal como se muestra en (2), esto facilita la estimación de los parámetros. A éste modelo se le conoce como VAR estándar.

$$y_t = D(L)y_{t-1} + e_t, \quad (2)$$

donde $D(L) \equiv A^{-1}B(L)$ y $e_t \equiv A^{-1}C\varepsilon_t$. Dado que no hay efectos contemporáneos entre las variables en la representación del VAR estándar y que cada ecuación reúne un conjunto común de regresores, se pueden utilizar regresiones de mínimos cuadrados ordinarios para propósitos de estimación. Al usar este tipo de regresiones, se requiere que los residuos (e_t) dentro del VAR estándar sean ruido blanco y normalmente distribuidos.

Por otro lado, sea Σ la matriz de varianzas y covarianzas de los residuos estimados del VAR estándar⁴¹. Si los σ^2 son las varianzas y los σ_{ij} son las covarianzas, entonces

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \cdots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \cdots & \sigma_n^2 \end{bmatrix} \quad \text{donde} \quad \sigma_{ij} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T e_{it} e_{jt}.$$

La matriz Σ es simétrica ($\sigma_{12} = \sigma_{21}$). Por lo tanto, a partir de ésta se obtienen $(n^2+n)/2$ parámetros estimados distintos que pueden ser utilizados para recuperar los parámetros estructurales en el modelo (1). Por otro lado, también existe una matriz simétrica $\Omega_{(n \times n)}$ de varianzas y covarianzas de las perturbaciones estructurales, ε_t .

El número de parámetros estructurales a ser estimados depende de la matriz Ω , la cual contiene $(n^2+n)/2$ elementos únicos, y de las matrices A y C donde cada una contiene n^2 elementos. Se

⁴⁰ Las técnicas de estimación estándar requieren que los regresores sean incorrelacionados con los términos de error.

⁴¹ Dado que todos los elementos de Σ son independientes del tiempo, el subíndice t es omitido al hacer referencia a las varianzas y covarianzas dentro de la matriz.

deben estimar en total $2n^2 + (n^2 + n)/2$ parámetros, pero hasta el momento sólo se cuenta con los $(n^2 + n)/2$ elementos estimados de Σ . Por lo tanto, hay $2n^2$ parámetros que requieren identificación.

Dado que se asume que las perturbaciones estructurales son ruido blanco con términos de covarianza iguales a cero, lo cual implica que cada perturbación surge de fuentes independientes, entonces la matriz Ω es una matriz diagonal, proveyendo de esta forma $(n^2 - n)/2$ restricciones a ser descontadas del número de parámetros que requieren identificación. Adicionalmente, las matrices A y C se asumen normalmente distribuidas teniendo los elementos de la diagonal principal iguales a la unidad. En A ésto implica una normalización sobre una variable particular en cada ecuación. En C esta normalización es consecuencia de asumir un shock separado contenido en cada ecuación. Esto proveerá $2n$ restricciones adicionales. La mayoría de estudios también imponen restricciones de exclusión sobre la matriz C convirtiéndola en una matriz identidad⁴². Esto incorpora $(n^2 - n)$ restricciones adicionales al modelo. Juntando todas las restricciones anteriores resultan $[(n^2 - n)/2 + 2n + n^2 - n]$ restricciones las cuales deben ser descontadas de las $2n^2$ restricciones requeridas. Esto lleva a que hay que determinar $(n^2 - n)/2$ restricciones, de lo contrario el sistema queda subidentificado.

En este punto la identificación del sistema necesita la imposición de alguna estructura que provea las restricciones que faltan. En la literatura existen muchas formas de llevar a cabo esta identificación, entre los mecanismos más conocidos para llevarla a cabo se encuentran los propuestos por Sims (1980, 1986), Bernanke (1986), Blanchard y Watson (1986), Shapiro y Watson (1988), Blanchard y Quah (1988) y Quah y Vahey (1995). Dentro de todos estos mecanismos se escogió seguir el método recursivo de Sims (1980)⁴³.

Sims propone una restricción de identificación basada en una estructura recursiva conocida como descomposición de Choleski. Esta descomposición estadística ortogonaliza los residuos (e_t)⁴⁴ a partir de restricciones impuestas sobre la base de un orden arbitrario de las variables. La descomposición de Choleski implica que la primera variable responde sólo a sus propios shocks exógenos contemporáneos, la segunda variable responde a los shocks exógenos de la primera variable y a los suyos propios contemporáneos, y así en adelante. Lo anterior se puede expresar de la siguiente forma,

⁴² El artículo de Bernanke (1986) es un ejemplo en donde no se utiliza el anterior supuesto.

⁴³ Este es el mecanismo preferido por todos los estudios que a nivel internacional han tratado de determinar, a partir de la metodología VAR, el impacto de la inversión pública sobre el crecimiento económico. Ver sección 1.4.

⁴⁴ Las innovaciones ortogonalizadas están incorrelacionadas tanto temporal como transversalmente.

$$\begin{aligned}
e_{1t} &= \varepsilon_{1t} \\
e_{2t} &= b_{21}\varepsilon_{1t} + \varepsilon_{2t} \\
e_{3t} &= b_{31}\varepsilon_{1t} + b_{32}\varepsilon_{2t} + \varepsilon_{3t} \\
&\vdots \\
e_{nt} &= b_{n1}\varepsilon_{1t} + b_{n2}\varepsilon_{2t} + b_{n3}\varepsilon_{3t} + \dots + \varepsilon_{nt}
\end{aligned}$$

o matricialmente como⁴⁵,

$$\begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ e_{3t} \\ \vdots \\ e_{nt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ b_{21} & 1 & 0 & \dots & 0 \\ b_{31} & b_{32} & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & b_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \varepsilon_{3t} \\ \vdots \\ \varepsilon_{nt} \end{bmatrix} \Rightarrow e_t = G\varepsilon_t$$

donde G es una matriz triangular inferior⁴⁶. En Sims (1980) y en Bierens (2001) se demuestra que $G^{-1}\Sigma G^{-1} = I$, donde I es una matriz identidad. Por lo tanto, puesto que $\varepsilon_t = G^{-1}e_t$, entonces se cumple la condición que Ω es una matriz diagonal ($\Omega = E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = I$).

Sin embargo, existe el problema de que los análisis de impulso-respuesta y de descomposición de varianza pueden ser muy sensibles al orden impuesto en la matriz G ⁴⁷; en un VAR de n variables hay $n!$ órdenes posibles. Aunque, se puede hacer uso del razonamiento y de la teoría económica para imponer un orden que este plenamente justificado.

Por último, hay que tener en cuenta que la presencia de raíz unitaria en las variables puede dar origen a regresiones espurias si el VAR es estimado en niveles. Por lo tanto, en este caso es necesario usar las primeras diferencias para asegurar la no presencia de raíz unitaria. Una representación VAR estándar en diferencias se maneja así,

$$\Delta y_t = D(L)\Delta y_{t-1} + e_t \tag{3}$$

⁴⁵ Obsérvese que dentro de la matriz G están las $(n^2-n)/2$ restricciones que faltan (éstas corresponden a los términos iguales a 0).

⁴⁶ Al ser triangular inferior, entonces es fácil de probar que la matriz G es no-singular, es decir que existe G^{-1} .

⁴⁷ No obstante, la elección del orden no es muy importante si la correlación entre los residuos es baja. Pero, es improbable que este sea el caso, dado que las variables incluidas dentro de un VAR normalmente son elegidas porque ellas tienen fuertes comovimientos.

No obstante, antes de hacer la estimación del VAR en primeras diferencias hay que hacer un análisis de cointegración de las variables en niveles para saber si hay variables cointegradas. Si éste es el caso, es necesario incorporar un modelo de corrección de errores dentro del modelo (3); es decir, se debe estimar un VEC, de lo contrario se estaría obviando información relevante.

En la explicación teórica de aquí en adelante se asumirá que: (i) al menos una de las variables que se van a incluir dentro del VAR tiene raíz unitaria en niveles; (ii) ninguna de las variables en diferencias tiene raíz unitaria; y (iii) no existen relaciones de cointegración entre las variables en niveles. Esto se hace con el fin de brindar una explicación más consistente con los resultados encontrados en la parte empírica de la investigación.

4.2. La función de impulso-respuesta⁴⁸. Si el modelo presentado en (3) es un proceso estocástico que no tiene raíz unitaria, de acuerdo con el teorema de representación de Wold se puede garantizar una representación VMA tal como la que se presenta a continuación⁴⁹,

$$\Delta y_t = e_t + M_1 e_{t-1} + M_2 e_{t-2} + \dots = \sum_{j=0}^{\infty} M_j e_{t-j}, \quad (4)$$

donde las matrices M_j son matrices llenas de parámetros. Obsérvese que existen muchas representaciones equivalentes para el modelo (4). Por ejemplo, tomando la matriz G que se especificó en la sección anterior, M_j puede ser reemplazado por $M_j G$ y e por $G^{-1}e$.

Por lo tanto, la representación VMA del VAR estructural relacionado con el VAR estándar (3) puede escribirse como

$$\Delta y_t = \begin{bmatrix} \Delta y_{1t} \\ \Delta y_{2t} \\ \vdots \\ \Delta y_{nt} \end{bmatrix} = \sum_{j=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \phi_{11}(j) & \phi_{12}(j) & \dots & \phi_{1n}(j) \\ \phi_{21}(j) & \phi_{22}(j) & \dots & \phi_{2n}(j) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \phi_{n1}(j) & \phi_{n2}(j) & \dots & \phi_{nn}(j) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-j} \\ \varepsilon_{2,t-j} \\ \vdots \\ \varepsilon_{n,t-j} \end{bmatrix} = \sum_{j=0}^{\infty} \Phi_j \varepsilon_{t-j} \quad (5)$$

⁴⁸ Sims propone analizar los modelos VAR a partir de la observación de las reacciones en el tiempo que tiene el sistema ante la presencia de diferentes shocks. Es decir a partir del análisis de sus funciones impulso-respuesta.

⁴⁹ La representación VMA es una característica esencial de la metodología de Sims (1980) dado que permite enfatizar la trayectoria en el tiempo de los diferentes shocks sobre las variables contenidas en el sistema VAR.

donde $\Phi_j = M_j G$ y $\varepsilon_t = G^{-1} e_t$. Los coeficientes $\phi_{kr}(j) = \frac{\partial \Delta y_{kt}}{\partial \varepsilon_{r,t-j}}$ se conocen como las funciones

impulso-respuesta y se leen como el efecto que tiene el incremento en una unidad⁵⁰ de la innovación de la variable r en el tiempo $t-j$ sobre el valor de la variable Δy_k en el tiempo t . Los elementos $\phi_{kr}(0)$ son los multiplicadores del impacto instantáneo, los elementos $\phi_{kr}(1)$ son las respuestas pasado un periodo del impacto, y así en adelante.

4.3. Descomposición de varianza⁵¹. La descomposición de varianza del error de pronóstico de una variable en una secuencia temporal permite saber en cada momento del tiempo qué proporción de esa varianza es debida a sus propios shocks y qué proporción es debida a los shocks de otras variables.

Para determinar en el tiempo t cómo son las descomposiciones de varianza de los errores de pronóstico en el período $t+s$ se parte de la ecuación (5) evaluada en $t+s$ y se le resta el valor esperado de la misma según la información que se tiene hasta t , entonces

$$\Delta y_{t+s} - E_t \Delta y_{t+s} = \sum_{j=0}^{s-1} \Phi_j \varepsilon_{t+s-j}$$

Por lo tanto, para cada una de las Δy_i presentes en la anterior ecuación se tiene que el error de pronóstico en el período $t+s$ es

$$\begin{aligned} \Delta y_{i(t+s)} - E_t \Delta y_{i(t+s)} &= \phi_{i1}(0) \varepsilon_{\Delta y_1(t+s)} + \phi_{i1}(1) \varepsilon_{\Delta y_1(t+s-1)} + \dots + \phi_{i1}(s-1) \varepsilon_{\Delta y_1(t+1)} + \\ &\quad \phi_{i2}(0) \varepsilon_{\Delta y_2(t+s)} + \phi_{i2}(1) \varepsilon_{\Delta y_2(t+s-1)} + \dots + \phi_{i2}(s-1) \varepsilon_{\Delta y_2(t+1)} + \dots \\ &\quad \dots + \phi_{in}(0) \varepsilon_{\Delta y_n(t+s)} + \phi_{in}(1) \varepsilon_{\Delta y_n(t+s-1)} + \dots + \phi_{in}(s-1) \varepsilon_{\Delta y_n(t+1)} \end{aligned}$$

Sea $\sigma_{\Delta y_i}(s)^2$ la varianza del error de pronóstico de la variable Δy_i en el período $t+s$, entonces

⁵⁰ O el incremento en una desviación estándar.

⁵¹ El análisis de descomposición de varianza se debe hacer sobre un sistema plenamente identificado. Por lo tanto, opera el mismo mecanismo de identificación utilizado para determinar el VAR estructural y el análisis de impulso-respuesta.

$$\sigma_{\Delta y_i}(s)^2 = \sigma_{\Delta y_1}^2 [\phi_{i1}(0)^2 + \phi_{i1}(1)^2 \cdots + \phi_{i1}(s-1)^2] + \sigma_{\Delta y_2}^2 [\phi_{i2}(0)^2 + \phi_{i2}(1)^2 \cdots + \phi_{i2}(s-1)^2] + \cdots \\ \cdots + \sigma_{\Delta y_n}^2 [\phi_{in}(0)^2 + \phi_{in}(1)^2 \cdots + \phi_{in}(s-1)^2]$$

Finalmente, a partir de la anterior ecuación se puede descomponer la varianza del error de pronóstico de la variable Δy_i en el periodo $t+s$ debida a los shocks en la variable Δy_j

$$DV_{ij}(s) = \frac{\sigma_{\Delta y_i}^2 [\phi_{ij}(0)^2 + \phi_{ij}(1)^2 \cdots + \phi_{ij}(s-1)^2]}{\sigma_{\Delta y_i}(s)^2}$$

Si los shocks ε_{jt} no explican nada de la varianza del error de pronóstico de las variable Δy_{it} en todos los horizontes proyectados, entonces se puede decir que Δy_{it} es una variable exógena con respecto a Δy_{jt} . En este caso, la variable Δy_{it} se desenvuelve independientemente de los shocks ε_{jt} y de la secuencia de Δy_{jt} . En el otro extremo, los shocks ε_{jt} pueden explicar toda la varianza del error de pronóstico de la variable Δy_{it} en todos los horizontes de tiempo, así que Δy_{it} es totalmente endógena.

En la práctica, es útil examinar la descomposición de varianza de los errores de pronóstico para varios horizontes de proyección y observar cómo ésta se comporta en el corto plazo y hacia donde converge en el largo plazo.

4.4. Resumen de la metodología. De lo visto hasta ahora en la sección 4 se deduce que antes de efectuar los análisis de impulso-respuesta y de descomposición de varianza se deben llevar a cabo cuatro pasos. Primero, se debe indagar si las variables en niveles tienen o no raíz unitaria, es decir se debe determinar si son integradas de orden uno, $I(1)$, o integradas de orden cero, $I(0)$, respectivamente. Esto determinará si se debe utilizar una representación de la forma reducida del VAR en niveles o en primeras diferencias⁵².

Segundo, si dentro de las variables que se van a incluir en el VAR existen dos o más variables $I(1)$, entonces se debe determinar si éstas presentan relaciones de cointegración. En el caso de que esto se dé es necesario incorporar un modelo de corrección de errores dentro del sistema VAR en diferencias; es decir, se debe estimar un modelo VEC. Dado que en la parte empírica del informe

⁵² Para estimar un modelo VAR en niveles se requiere que ninguna de las variables que se van a incluir dentro del VAR tengan raíz unitaria en niveles. En caso contrario lo mejor es considerar el VAR en primeras diferencias.

se muestra que no existen relaciones de cointegración entre las variables, entonces no se va a seguir profundizando en la línea de los modelos VEC.

Tercero, una vez se consideran variables sin raíz unitaria, el siguiente paso consiste en determinar la estructura del VAR estándar (número de rezagos, presencia de constante, de variables dummy, etc). En este paso hay que asegurarse que el VAR cumpla las propiedades de normalidad y ruido blanco de los residuos.

Cuarto, cuando el VAR en su forma reducida es estimado, entonces por medio de la descomposición de Cholesky se deben imponer las suficientes restricciones para poder identificar los parámetros del VAR estructural.

Con base en los anteriores pasos, se puede proceder a hacer los análisis de impulso-respuesta y de descomposición de varianza.

5. Análisis VAR: Aplicación econométrica

En esta sección se desarrollan los pasos para el análisis VAR. En la subsección 5.1 se llevan a cabo pruebas de raíz unitaria para determinar el orden de integración de las variables. En la subsección 5.2, cuando corresponda, se indaga si existen vectores de cointegración dentro de los modelos VAR. En la subsección 5.3 se determinan las características de los modelos VAR estándar. En la subsección 5.4 se explica cómo se determina el orden de las variables para poder efectuar el mecanismo de identificación de Choleski. Y en las subsecciones 5.4 y 5.5 se desarrollan los análisis de impulso-respuesta y de descomposición de varianza respectivamente.

Dentro del análisis VAR se va a considerar el logaritmo de cada una de las variables de inversión pública por separado y se va a establecer la relación que tienen con el logaritmo de la inversión privada y con el logaritmo del producto interno bruto. No se incorporarán dos o más variables de inversión pública en cada análisis dada la baja extensión de datos que existe a nivel de inversión pública sectorial.

5.1. Análisis de raíz unitaria. Para averiguar el orden de integración de las variables se hicieron pruebas de raíz unitaria con respecto a las series en niveles y en primeras diferencias. En primera

instancia se hicieron las pruebas ADF⁵³ y KPSS⁵⁴. Posteriormente, éstas fueron complementadas con análisis de sensibilidad y de cambio estructural⁵⁵. En el anexo C se presentan los resultados de estas pruebas. Por lo pronto, en el cuadro 3 se exponen las conclusiones provenientes de las mismas.

Cuadro 3
Orden de integración de las variables

VARIABLE	NIVELES	PRIMERA DIFERENCIA
LPIB	I(1)	I(0)
LIPRIT	I(0)	I(0)
LIPUBT	Incierto [I(0) ó I(1)]	I(0)
LAPG	Incierto [I(0) ó I(1)]	I(0)
LASCP	I(0)	I(0)
LASE	I(0)	I(0)
LCARR	Incierto [I(0) ó I(1)]	I(0)
LDEF	I(0)	I(0)
LEDU	Incierto [I(0) ó I(1)]	I(0)
LEGYA	I(1)	I(0)
LMIM	Incierto [I(0) ó I(1)]	I(0)
LOSE	I(0)	I(0)
LSCYR	I(0)	I(0)
LSYAS	I(0)	I(0)
LSYS	Incierto [I(0) ó I(1)]	I(0)
LTYC	I(0)	I(0)
LVOUR	I(0)	I(0)

El orden de integración de algunas variables se catalogó como incierto por dos razones. Primero, se trató de averiguar a partir de otras pruebas diferentes a las que se encuentran en el anexo cuál era el orden de integración de esas variables. Específicamente, se utilizaron las pruebas de Phillips-Perron y de Schmidt-Phillips. Sin embargo, éstas confirmaron el resultado hacia el cual las mismas se encuentran sesgadas⁵⁶. Por lo tanto, no sería correcto ser conclusivo en los resultados. Segundo, dados los anteriores resultados se va a optar por utilizar modelos VAR en donde todas las variables se encuentran en primeras diferencias, entonces el rotulo de incierto de algunas variables en niveles es de importancia menor.

Pero, ¿por qué considerar modelos VAR donde todas las variables están en primeras diferencias⁵⁷? Existen tres razones para hacer esto. Primero, según lo visto en esta sección, ninguna de las variables en primeras diferencias tiene raíz unitaria. Segundo, aunque algunas de las variables de inversión pública sectorial en niveles no tienen raíz unitaria, éstas van a ser

⁵³ Los artículos originales de esta prueba son Dickey y Fuller (1979, 1981)

⁵⁴ Esta prueba fue primero propuesta en Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (1992)

⁵⁵ Aunque no se incorporaron los resultados dentro del documento, también se hicieron pruebas Phillips-Perron y Schmidt Phillips.

⁵⁶ Según la literatura, ambas pruebas se encuentran sesgadas hacia el no rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

⁵⁷ En la literatura económica algunos sistemas VAR han sido calculados mezclando variables en niveles y en primeras diferencias. Por ejemplo, ver Blanchard y Quah (1989).

incluidas en primeras diferencias para que así todos los modelos VAR puedan ser comparables⁵⁸. Tercero, dado que todas las variables de inversión pública van a ser consideradas en primeras diferencias dentro del VAR, entonces el logaritmo de la inversión privada también va a ser considerado de esta forma para que sea más claro el efecto *crowding-in* o *crowding-out* dentro del sistema^{59,60}. Sin embargo, no hay que olvidar que al diferenciar las variables que en niveles no tienen raíz unitaria se está incurriendo en el costo de destruir parte de la relación de largo plazo de estas series, costo que es inferior a los beneficios anteriormente reportados.

5.2 Análisis de cointegración. En los casos donde se presentan dos o más variables integradas de orden uno es necesario hacer análisis de cointegración para saber si hay que incorporarle un mecanismo de corrección de errores al modelo VAR en primeras diferencias. Dado que el logaritmo de la inversión privada es $I(0)$ y el logaritmo del PIB es $I(1)$, entonces sólo es necesario hacerle análisis de cointegración a los sistemas cuya variable de inversión pública es $I(1)$ ó incierta⁶¹.

En el anexo D se lleva a cabo la prueba de cointegración de Johansen para los sistemas que incorporan alguna de las siguientes variables de inversión pública: LIPUBT, LAPG, LCARR, LE, LEGYA, LSYS. A continuación se presenta un cuadro que resume los resultados de las pruebas.

Cuadro 4
Resultados del análisis de cointegración. Sistema (LPIB-LIPRIT-X)

X	Número de vectores de cointegración
LIPUBT	0
LAPG	0
LCARR	0
LE	0
LEGYA	0
LSYS	0

⁵⁸ El principal objetivo del documento es identificar hacia que sectores se debería enfocar la inversión pública para alcanzar una mayor tasa de crecimiento económico. Esto sólo se puede determinar si en los modelos VAR se analizan los rubros de inversión pública sectorial en igualdad de condiciones.

⁵⁹ Matemáticamente se puede demostrar que la diferencia logarítmica de una variable es aproximadamente igual a su tasa de crecimiento. Por lo tanto, el efecto *crowding-out* (o *crowding-in*) se puede interpretar como la disminución (el aumento) de la tasa de crecimiento de la inversión privada ante un incremento de la tasa de crecimiento de la inversión pública.

⁶⁰ Además, se tiene la ventaja de que la inversión privada se estaría colocando en igualdad de condiciones con la inversión pública dentro de los sistemas VAR.

⁶¹ Si alguna de las variables inciertas resulta ser $I(1)$ y estar cointegrada con el logaritmo del PIB y ésto no es tomado en cuenta en un mecanismo de corrección de errores, entonces se estaría obviando información importante dentro del sistema. Por otro lado, si esa variable es $I(0)$, entonces la prueba de cointegración dirá que no está cointegrada con el logaritmo del PIB y se puede seguir con el análisis del VAR en primeras diferencias.

Del análisis de cointegración se concluye que en ninguno de los sistemas el logaritmo de las variables de inversión pública está cointegrado con el logaritmo del PIB. Por lo tanto, no es necesario incluir mecanismos de corrección de errores dentro de los modelos VAR.

5.3 Estructura del VAR estándar. DeSerres y Guay (1995) muestran que el uso de un sistema VAR estándar demasiado parsimonioso puede llevar a un sesgo significativo en la estimación de los componentes del VAR estructural⁶². Por lo tanto, DeSerres y Guay proponen utilizar el criterio razón de verosimilitud, pero este procedimiento es poco efectivo cuando se tiene una corta extensión de datos como en nuestro caso. Entonces, se ha decidido utilizar el procedimiento seguido en Misas y Posada (2000) y en Misas y López (2000). En estos trabajos se considera que para una mejor estimación se debe escoger el máximo de rezagos donde se encuentre ruido blanco y normalidad de los errores.

En Perdomo (2002a) se encuentran los cuadros con los resultados de las pruebas para la elección del número de rezagos. En el cuadro 5 se resumen los resultados obtenidos.

Cuadro 5
Características de los modelos VAR estándar (Δ PIB- Δ LIPRIT-X)^{63,64}

X	Longitud del rezago	Ruido Blanco	Normalidad
		Portmanteau Ajustado	Prueba Conjunta
Δ LIPUBT	7	90.6977 (0.2161)	3.6540 (0.3013)
Δ LAPG	1	38.1704 (0.0752)	5.2055 (0.1570)
Δ LASCP	1	31.3543 (0.0262)	5.5136 (0.1378)
Δ LASE	2*	29.9087 (0.0383)	1.7039 (0.6361)
Δ LCARR	1*	28.8034 (0.0508)	3.7864 (0.2855)
Δ LD	2	38.7084 (0.0673)	3.0838 (0.3789)
Δ LE	2	29.8706 (0.0387)	1.4295 (0.6986)
Δ LEGYA	2	26.8320 (0.0822)	2.1520 (0.5415)
Δ LMIM	2	23.3698 (0.1768)	8.4651 (0.0344)
Δ LOSE	1	37.2422 (0.0906)	7.1208 (0.0681)
Δ LSCYR	4*	49.7655 (0.0632)	3.0356 (0.3862)
Δ LSYAS	2	29.9512 (0.0379)	3.3419 (0.3419)
Δ LSYS	3	39.7968 (0.0535)	2.7491 (0.4320)
Δ LTYC	2	44.3400 (0.0191)	1.4239 (0.6999)
Δ LVOUR	2	28.4125 (0.0560)	6.8395 (0.0772)

(*) El modelo VAR incluye intercepto.

⁶² Los criterios de selección de Akaike, Schwarz y Hanna-Quin tienden a escoger un número inferior de rezagos con respecto al que efectivamente debería ser escogido. En el anexo 4 de Perdomo (2002a) se presentan, para propósitos de información, los resultados de estas tres pruebas.

⁶³ En algunos casos las pruebas sobre los residuos parecieran no ser óptimas. Sin embargo, los resultados del cuadro son los mejores acorde a la información disponible.

⁶⁴ Aunque no se encuentra especificado en el documento, también se analizaron modelos VAR que consideraban cada una de las variables de inversión pública sólo contra el PIB o contra la inversión privada. En casi todos estos modelos hubo una mejora en las pruebas sobre los residuos. Sin embargo, dado que teóricamente el análisis es más consistente si se toman las tres variables, se optó por dejar los modelos VAR de tres variables.

5.4. Las restricciones de identificación de Choleski. En la parte teórica del documento (sección 4) se afirma que el orden impuesto para llevar a cabo el mecanismo de identificación de Choleski puede alterar significativamente los resultados de los análisis de impulso-respuesta y de descomposición de varianza. Sin embargo, es perfectamente válido hacer uso del razonamiento y de la teoría económica para justificar un determinado orden.

En primera instancia parece razonable suponer que dentro de un mismo año el sector privado reacciona a los cambios en las decisiones de inversión pública. Así mismo parece lógico suponer que el sector público es incapaz de ajustarse a los cambios en las decisiones de inversión del sector privado durante ese mismo año. La anterior argumentación se basa en los rezagos temporales que implica conseguir y tomar decisiones dentro del sector público. Además, el sector privado está compuesto por una gran cantidad de agentes mientras que el sector público se puede pensar que es un solo agente (el gobierno); y resulta más fácil en el corto plazo que muchos agentes se acomoden a las decisiones de un solo agente que un solo agente se adapte a las decisiones de muchos agentes.

Por otra parte, DeLong y Summers (1991) haciendo uso de la metodología de datos panel encontraron que el gasto en inversión privada es un factor estratégico dentro del crecimiento económico de su mismo período. Posteriormente, Erenburg (1994) basándose en los resultados de DeLong y Summers encontró que también existe una relación de causalidad unidireccional contemporánea que va de la inversión pública al crecimiento económico.

Por lo tanto, un orden razonable que se le puede imponer al mecanismo de Cholesky es el siguiente: Inversión pública (total o sectorial), inversión privada y PIB, donde la primera variable es la más exógena y la última es la más endógena.

5.5. Análisis de impulso-respuesta. En el anexo F se presentan los gráficos de las funciones de impulso-respuesta. El período de tiempo considerado para el análisis de las mismas es de 10 años para los modelos VAR que incluyen variables sectoriales y de 15 años para los que sólo involucran variables agregadas. El número de años se escogió acorde a la disponibilidad de datos que se tienen para cada caso.

Dado que la diferencia logarítmica de una variable es aproximadamente igual a su tasa de crecimiento, entonces las funciones impulso-respuesta dentro del documento muestran en cada

modelo VAR qué pasa con la tasa de crecimiento de una variable cuando hay un shock de una desviación estándar en la tasa de crecimiento de si misma o de otra variable.

Según las funciones impulso-respuesta se deduce que las tasas de crecimiento del PIB y de la inversión privada tienen un mayor impacto positivo cuando los shocks provienen en su orden de las inversiones públicas en electricidad, gas y agua (EGYA), en educación (E) y en minería e industria manufacturera (MIM). A partir de lo anterior se destacan dos cosas. Primero, los rubros que más influyen en el crecimiento económico tienen que ver con inversiones en capital de infraestructura complementaria (EGYA)⁶⁵ y en capital humano (E). Segundo, dos de los rubros que tienen mayor participación dentro de la inversión pública total (EGYA y MIM⁶⁶) son los de los de mayor impacto positivo sobre la tasa de crecimiento de la economía.

Por otro lado, los shocks que provienen de las inversiones públicas en los rubros otros servicios económicos (OSE) y seguridad y asistencia social (SYAS) tienen un impacto negativo sobre la tasa de crecimiento del PIB^{67,68}. Sin embargo, estos shocks no tienen un impacto negativo superior a 0.018 desviaciones estándar y además los mismos comienzan a decrecer después de unos pocos años⁶⁹. En cuanto a la tasa de crecimiento de la inversión privada, los impactos negativos de los anteriores dos shocks se encuentran entre 0.01 y 0.08 desviaciones estándar.

Por último, los otros rubros de la inversión pública sectorial no tienen un impacto considerable, según el análisis de impulso-respuesta, sobre las tasas de crecimiento del PIB y de la inversión privada⁷⁰. Lo mismo acontece cuando se analiza el impacto que tiene la inversión pública total.

5.6 Análisis de descomposición de varianza. En el anexo G se presentan los gráficos de los análisis de descomposición de varianza de los errores de pronóstico de los diferentes modelos VAR⁷¹. Los resultados ratifican lo encontrado en los análisis de impulso-respuesta. Por ejemplo, los shocks de las tasas de crecimiento de los rubros E, EGYA y SYAS explican ,dentro de sus

⁶⁵ Para una especificación de los sectores que son de infraestructura complementaria, ver pie de pagina 20.

⁶⁶ La inversión pública en estos dos sectores es aproximadamente el 46% de la inversión pública total.

⁶⁷ La participación de estos dos sectores dentro de la inversión pública total es de aproximadamente el 7%.

⁶⁸ En Gemmell (2001) se comenta el debate que existe en la literatura internacional acerca del signo del impacto que tiene el gasto y la inversión pública en seguridad y asistencia social sobre el PIB.

⁶⁹ La tasa de crecimiento de las inversiones públicas en los rubros carreteras (CARR) y vivienda y organización urbana y rural (VOUR) aunque tienen un impacto negativo sobre la tasa de crecimiento del PIB, el mismo es casi nulo. Por lo tanto, estas variables se pueden considerar de impacto neutro.

⁷⁰ Obsérvese que al igual que ocurre en Aschauer (1989a), la inversión pública en defensa no tiene un impacto considerable sobre el PIB.

⁷¹ La periodicidad escogida para este análisis es la misma que la de los análisis de impulso-respuesta.

respectivos modelos VAR, más del 40% de la varianza de las tasas de crecimiento del PIB y de la inversión privada. En cuanto a los shocks del rubro MIM, éstos explican más del 50% y 30% de la varianza de las tasas de crecimiento del PIB y de la inversión privada respectivamente. Y finalmente los shocks del rubro OSE explican el 60% y el 20% de dichas varianzas en su orden.

No obstante, también se encontró que los shocks de las tasas de crecimiento de la inversión pública en los rubros carreteras (CARR), servicios culturales y recreativos (SCYR), y salud y sanidad (SYS) explican respectivamente el 18%, 25% y 30% de la varianza de la tasa de crecimiento del PIB. Los shocks de las tasas de crecimiento de la inversión pública en los rubros transporte y comunicaciones (TYC) y SYS explican respectivamente el 30% y 50% de la varianza de la tasa de crecimiento de la inversión privada.

Por último, los shocks de la tasa de crecimiento de la inversión pública total explican casi el 20% y 40% de la varianza de las tasas de crecimiento del PIB y de la inversión privada respectivamente.

6. Conclusiones

Los estudios que durante los últimos quince años han analizado para la economía colombiana el impacto de la inversión pública sectorial y total sobre el crecimiento económico han utilizado la metodología de Aschauer o similares, a nivel nacional o haciendo uso de series de datos panel y de corte transversal a nivel departamental. Por lo tanto, los mismos están sujetos a las críticas que internacionalmente se han expuesto acerca de la validez de utilizar dichas metodologías.

El análisis falta complementarlo con estudios que se basen en las metodologías del comportamiento de la firma y en la utilización de modelos VAR. Ello no quiere decir que estas metodologías no tengan sus propios inconvenientes. Sin embargo, las mismas sirven para enriquecer el debate.

El propósito del presente documento es, por medio de modelos VAR, estudiar el impacto en Colombia de la inversión pública sectorial y total sobre el crecimiento económico. Del estudio se concluye que la inversión pública total no tiene un impacto considerable sobre el crecimiento económico. Sin embargo, si se incrementan las inversiones públicas en los rubros electricidad, gas y agua; educación; y minería e industria manufacturera es posible obtener unos mayores niveles de producción.

Al igual que pasa con los otros estudios hechos para Colombia, este documento respalda el hecho de que las inversiones públicas en infraestructura complementaria (electricidad, gas y agua) tienen un impacto positivo considerable sobre el crecimiento económico. Además, al igual que en Roa, Stevenson y Sánchez (1995) y en Sánchez, Rodríguez y Núñez (1996) se encontró que la inversión pública en educación también tiene un efecto positivo sobre el crecimiento económico. Sin embargo, se tiene una conclusión que puede dar lugar a debate. A diferencia de los otros estudios, las inversiones públicas en carreteras no tuvieron un fuerte impacto positivo sobre el crecimiento económico; es más, el mismo se mostró levemente negativo. La anterior conclusión puede deberse a que en este estudio, a diferencia de los otros estudios, la inversión pública en carreteras corresponde a desembolsos monetarios efectuados por el gobierno y no las unidades físicas existentes de carreteras.

Por último, cabe recordar que dada la diversidad de metodologías que han sido utilizadas para el cálculo de las Cuentas Nacionales de Colombia y dada la reducida extensión de las series a nivel sectorial, los resultados a los que se llega en este documento están sujetos a una futura verificación.

Bibliografía

- ARGUYROU, Michael. "Public expenditure and national income: time series evidence from Greece". En: *Ekonomia*. Vol. 4, No. 2 (Invierno 2000); p. 173-191.
- ASCHAUER, David Alan. "Is public expenditure productive?". En: *Journal of Monetary Economics*. Vol. 23 (Marzo 1989a); p. 177-200.
- ----- . "Does public capital crowd out public capital?". En: *Journal of Monetary Economics*. Vol. 24 (Septiembre 1989b); p. 171 -188.
- ----- . "Public investment and productivity growth in the Group of Seven". En: *Economic Perspectives*, Federal Reserve Bank of Chicago. Vol. 13 (Septiembre 1989c); p. 17-25.
- BARRO, Robert. "A cross-country study of growth, saving, and government". En: NBER Working Paper. No. 2855 (Febrero 1989); 55 p.
- ----- . "Economic growth in a cross-section of countries". En: *Quarterly Journal of Economics*. Vol. 106, No. 2 (Mayo 1991); p. 407-443.
- BERNDT, Ernst y HANSSON, Bengt. "Measuring the contribution of public infrastructure capital in Sweden". En: NBER Working Papers Series. No. 3842 (Septiembre 1991); 42 p.
- BERNANKE, Ben. "Alternative explanations of the money income correlation" En: NBER Working Paper. No. 1842 (Febrero 1986); 46 p.
- BIERENS; Herman. "Vector time series and innovation response analysis". Mimeo. Pennsylvania State University (Septiembre 2001); 13 p.
- BLANCHARD, Olivier y QUAH, Danny. The dynamic effects of aggregate demand and supply disturbances. En: NBER Working Paper. No. 2737 (Octubre 1988); 24 p.
- ----- y WATSON, Mark. "Are business all alike?". En: *The american business cycle: continuity and change*. Editado por Robert Gordon, University of Chicago Press (1986); p. 123-156.

- CANER, Mehmet y KILIAN, Lutz. En: “Size distortions of tests of the null hypothesis of stationarity: evidence and implications for the PPP debate”. En: Working Papers, The University of Michigan (Agosto 1999); 33 p.
- CARDENAS, Mauricio; ESCOBAR, Andrés y GUTIÉRREZ, Catalina. “La contribución de la infraestructura a la actividad económica en Colombia 1950-1994”. En: Ensayos sobre política económica (Diciembre 1995a).
- -----; ----- y ----- . “Infraestructura y crecimiento departamental: 1950-1994”. En: Planeación y Desarrollo, DNP. Vol. 26, No. 4 (octubre-diciembre 1995b); p. 153-181.
- ----- y OLIVERA, Mauricio. “La crítica de Lucas y la inversión en Colombia”. En: Archivos de Macroeconomía, DNP. No. 35 (Septiembre 1995); 64 p.
- CHEUNG, Yin-Wong y LAI, Kon. “Finite-sample sizes Hansen’s likelihood ratio test for cointegration”. En: Oxford Bulletin of Economics and Statistics. Vol. 55, No. 3 (1993); p. 313-328.
- CLARIDA, Richard. “International capital mobility, public investment and economic growth”. En: NBER Working Paper Series. No. 4506 (Octubre 1993); 24 p.
- CULLISON, William. “Public investment and economic growth”. En: Economic Quarterly. Federal Reserve Bank of Richmond. Vol. 79. No. 4 (Otoño 1993); p 19-33.
- DELONG, J. Bradford y SUMMERS, Lawrence. “Equipment investment and economic growth” En: Quarterly Journal of Economics. Vol. 106, No. 2 (Mayo 1991); p. 445-502.
- DESERRES, Alain y GUAY, Alain. “Selection of the truncation lag in structural VARs (or VECMs) with long-run restrictions”. En: Working Paper. 95-9, Bank of Canada. (1995); 39 p.
- DEVARAJAN, Shanta; SWAROOP, Vinaya, y ZOU, Henfou. “The composition of public expenditure and economic growth”. En: Journal of Monetary Economics. Vol. 37, No.2-3 (Abril 1996); p. 313-344.

- DICKEY, David y FULLER, Wayne. "Distribution of the estimates for autoregressive time series with a unit root". En: Journal of American Statistical Association. Vol. 74 (Junio 1979); p. 427-431.
- ----- y ----- . "Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root". En: Econometrica. Vol. 49 (Julio 1981); p. 1057-1072.
- DUGGAL, Vijaya; SALTZMAN, Cynthia y KLEIN, Lawrence. "Infrastructure and productivity: a nonlinear approach". En: Journal of Econometrics. Vol. 92, No. 1 (Septiembre 1999); p. 47-74.
- EASTERLY, William y REBELO, Sergio. "Fiscal policy and economic growth: an empirical investigation". En: Journal of Monetary Economics. Vol. 32, No. 3 (Diciembre 1993); p. 417-458
- EISNER, Robert. "Real government saving and the future". En: Journal of Economic Behavior and Organization. Vol. 23, No. 2 (Mayo 1994); p. 111-126.
- ERENBURG, Sharon. "Public capital: The missing link between investment and economic growth". En: Public Policy Brief. The Jerome Levy Economics Institute of Bard College. No. 14 (1994); 56 p.
- EVANS, Paul y KARRAS, Georgios. "Is government capital productive? Evidence from a panel of seven countries". En: Journal of Macroeconomics. Vol. 16 (Primavera, 1994); p. 271-279.
- FORD, Robert y PORET, Pierre. "Infrastructure and private-sector productivity". En: OECs Economic Studies. No. 17 (Otoño, 1991); p 63-89.
- GEMMELL, Norman. "Fiscal policy in a growth framework". En: Discussion Paper. United Nations University, WIDER. No. 2001/84 (Septiembre 2001); 27 p.
- GRAMLICH, Edward. "Infrastructure investment: a review essay". En: Journal of Economic Literature. Vol. 32 (Septiembre 1994); p. 1176-1196.
- GUILD, Robert. "Infrastructure investment and regional development: theory and evidence". En: Working Paper Series, Department of Planning, University of Auckland, New Zealand. No. 3 (Mayo 1998); p. 20.

- HANSEN, Henrik y JUSELIUS, Katarina. "CATS in RATS: Cointegration analysis of time series". *Estima* (1995); 66 p.
- JOHANSEN, Soren. "Statistical analysis of cointegrating vectors". En: *Journal of Economic Dynamics and Control*. No. 12 (1988); p. 231-254.
- KWIATKOWSKI, Denis; PHILLIPS, Peter; SCHMITH, Peter y SHIN, Yongcheol. "Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?". En: *Journal of econometrics*. Vol. 54, No. 1-3 (1992); p. 159-178.
- HULTEN, Charles. "Infrastructure capital and economic growth: how well you use it may be more important than how much you have". En: *NBER Working Paper Series*. No. 5847 (Diciembre 1996); 37 p.
- LEE, Kevin; PESARAN, M. Hashem y SMITH, Ron. "Growth and convergence; a multi-country empirical analysis of the Solow growth model". En: *Journal of Applied Econometrics*. Vol. 12, No.4 (1997). p. 357-392.
- LEVINE, Ross y RENELT, David. "A sensitivity analysis of cross-country growth regressions". En: *American Economic Review*. Vol. 82, No. 4 (Septiembre 1992). p. 942-963.
- LYNDE, Catherine y RICHMOND, James. "The role of public capital in production". En: *Review of Economics and Statistics*. Vol. 74, No. 1 (Febrero 1992); p. 37-44.
- MAMATZAKIS, Emmanouel. "The effect of public expenditure on private investment: an empirical application". Editado en: *The asymmetric global economy: an empirical evidence*. Por Christos Paraskevoupoulos, Theodore Georgakopulos y Leo Michels, Toronto, Canada. *Cáp. 9* (2000); p. 156-172.
- MISAS, Martha y LÓPEZ, Enrique. "La utilización de la capacidad instalada de la industria en Colombia: un nuevo enfoque". En: *Borradores Semanales de Economía*. Banco de la República, Colombia. No. 153 (Junio 2000); 33 p.

- ----- y POSADA, Carlos. "Crecimiento y ciclos económicos en Colombia en el siglo XX: el aporte de un VAR estructural". En: Borradores Semanales de Economía. Banco de la República, Colombia. No. 155 (Mayo 2000); 53 p.
- -----, "Public spending and private investment: evidence from Greece". En: International Economic Journal. Vol. 15, No. 4 (Invierno 2001); p. 33-46.
- MONADJEMI, Mehdi y HUH, Hyeonseung. "Private and government investment: a study of three OECD countries". En: International Economic Journal. Vol. 12, No. 2 (verano 1998); p. 93-104.
- MORENO, Rosina; LÓPEZ-BAZO, Enrique y ARTÍS, Manuel. "On the effectiveness of private and public capital". Mimeo (Noviembre 1999); 37 p.
- MUNNELL, Alicia. "Why has productivity growth declined? Productivity and public investment". En: New England Economic Review. (Enero-Febrero 1990a); p. 2-22.
- -----, "How does public infrastructure affect regional economic performance?". En: New England Economic Review. (Septiembre-Octubre 1990b); p. 11-32.
- -----, "Infrastructure investment and economic growth". En: Journal of Economic Perspective. Vol. 6, No. 4 (Otoño 1992); p. 189-198.
- NADIRI, M. Isaac y MAMUNEAS Theofanis. "Infrastructure and public R&D investments, and the growth of factor productivity in US manufacturing industries". En: NBER Working Paper Series. No. 4845 (Agosto 1994); 23 p.
- NELSON, Charles y PLOSSER, Charles. "Trends and random walks in macroeconomic time series: some evidence and implications". En: Journal of Monetary Economics. Vol. 10, No. 2 (1982); p. 130-162.
- NEWHEY, Whitney y WEST, Kenneth. "A simple positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix". En: Econometrica. Vol. 55 (1987); p. 703-708.

- ----- y -----. Automatic lag selection in covariance matrix estimation. En: NBER Technical Working Paper. No. 144. (Septiembre 1993); 28 p.
- OSTERWALD-LENUM, M. "A note with quantiles of the asymptotic distribution of the maximum likelihood cointegration rank test statistics: four cases". En: Oxford Bulletin of Economics and Statistics. Vol 54, No. 3 (1992); p. 461-472.
- PERDOMO, Alvaro. "Inversión pública y crecimiento económico: Metodología VAR – estimaciones preliminares". Informe, DNP (Julio 2002a); 46 p.
- ----- . "Revisión de la literatura acerca del impacto que tiene la inversión pública sectorial en el crecimiento económico". Informe, DNP (Mayo 2002b); 32 p.
- PEREIRA, Alfredo. "Public investment and private sector performance – International evidence". En: Public finance and Management: Symposium on Public Capital. Editado por: Raymond G. Batina (2001); p. 261-277.
- PERRON, Pierre. "The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis". En: Econometrica. Vol. 57, No.6 (Noviembre 1989); p. 1361-1401.
- PHILLIPS, Peter y XIAO, Zhijie. "A primer on unit root testing". En: Journal of Economic Surveys Vol. 12, No. 5 (1998); p. 423-469.
- QUAH, Danny. "Empirical cross-section dynamics in economic growth". En: European Economic Review. Vol. 37 (Abril 1993); p. 426-434.
- RAMÍREZ, María Teresa y ESFAHANI, Haidi Salehi. "Infrastructure and economic growth". En: Borradores Semanales de Economía. Banco de la República. Colombia. No. 123 (1999); 40 p.
- REINIKKA, Ritva y SVENSON, Jakob. "How inadequate provision of public infrastructure and services affects private investment". En: Mimeo, World Bank. (Diciembre 1999); 26 p.
- ROA, Néstor; STEVENSON, Claudia y SÁNCHEZ, Fabio. "Infraestructura, productividad y competitividad". En: Revista Planeación y Desarrollo. Vol. 26, No. 3 (julio-septiembre 1995); p. 151-171.

- SÁNCHEZ, Fabio. "El papel del capital público en la producción, la inversión y el crecimiento económico en Colombia". En: Archivos de Macroeconomía, DNP. No. 18 (Octubre 1993); 44 p.
- -----; RODRÍGUEZ, Jorge Iván y NÚÑEZ, Jairo. "Evolución y determinantes de la productividad en Colombia: un análisis global y sectorial". En: Archivos de Macroeconomía, DNP. No. 50 (Agosto 1996); 45 p.
- SCHWERT, G. William. "Tests for unit roots: a Monte Carlo investigation". En: NBER Technical Working Paper. No. 73. (Diciembre 1988); 27 p.
- SHAPIRO, Matthew y WATSON, Mark. "Sources of business cycle fluctuations". En: NBER Working Paper. No. 2589 (Mayo 1988); 52 p.
- SIMS, Christopher. "Macroeconomics and reality". En: Econometrica. Vol. 48 (Enero, 1980); p. 1-48.
- ----- . "Are forecasting models usable for policy analysis?". En: Federal Reserve Bank of Minneapolis Quaterly Review. Vol. 10 (verano 1986); p. 2-16.
- STEPHAN, Andreas. "Regional infrastructure and its impact on productivity: a comparison of Germany and France". En: Discussion Papers, German Institute for Economic Research. No. 2 (Enero 2001); 36 p.
- STURM, Jan-Egbert. "The impact of public infrastructure capital on the private sector of the Netherlands: An application of the symmetric generalized McFadden cost function". En: CPB Research Memorandum. No. 133 (2001); 33 p.
- ----- y DE HAAN, Jacob. "Is public expenditure really productive? New evidence for the US and the Netherlands". En: Economic Modelling. Vol. 12 (1995); p. 60-72.
- ----- y KUPER, Gerard. "The dual approach to the public capital hypothesis: the case of The Netherlands". En: CCSO Series. No. 26 (Febrero 1996); 20 p.
- -----; ----- y DE HAAN, Jacob. "Modelling government investment and economic growth on a macro level: a review". En: CCSO Series. No. 29 (Septiembre 1996); 38 p.

- -----; JACOBS, Jan y GROOTE, Peter. "Productivity impacts of infrastructure investment in the Netherlands 1853-1913". En: SOM Research Report. No. 95D30 (1995).
- TATOM, John. "Public capital and private sector performance". En: Federal Reserve Bank of St. Louis Review. Vol. 73, No. 3 (Mayo-Junio 1991); p. 3-15.
- YAMARIK, Steven. "The effect of public infrastructure on private production during 1977-1996". En: Mimeo. Department of Economics, The University of Akron (Junio 2000); 21 p.
- ZEGEYE, Aklilu. "U.S. public infrastructure and its contribution to private sector productivity". En: U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics (Junio 2000); 72 p.

ANEXO A: Nomenclatura y Fuentes

A.1. Nomenclatura: Estas son las abreviaciones hechas en el documento.

- IPRIT: Inversión privada total.
- IPUBT: Inversión pública total.

Rubros de la inversión pública sectorial:

- APG: Administración pública general.
- ASCP: Agricultura, silvicultura, caza y pesca.
- ASE: Administración de servicios económicos.
- CARR: Carreteras.
- D: Defensa.
- DPYOF: Deuda pública y otras finalidades no asignables.
- E: Educación.
- EGYA: Electricidad, gas y agua.
- MIM: Minería e industria manufacturera.
- OSE: Otros servicios económicos.
- SCYR: Servicios culturales y recreativos.
- SYS: Salud y sanidad.
- SYAS: Seguridad y asistencia social.
- TYC: Transporte y comunicaciones.
- VOURL: Vivienda y organización urbana y rural.

Estas mismas siglas anteceditas por una letra L significa que la variable esta en logaritmos, si esta antecedita por ΔL significa que la variable esta evaluada con respecto a la primera diferencia del logaritmo.

A.2. Fuentes: A continuación se exponen las fuentes de donde fueron recopilados los datos que hacen parte del documento.

- Inversión privada a precios constantes de 1975: Residuo de la inversión total y la inversión pública a precios constantes de 1975.
- Inversión pública por sectores a precios constantes de 1975: Cálculos del autor a partir de la inversión pública por sectores a precios corrientes⁷² y del deflactor de la formación bruta de capital⁷³.
- Inversión pública a precios de 1975: Desde 1950 hasta 1969 se obtuvo de Cárdenas y Olivera (1995). Desde 1970 hasta 1994 se toma de la última fila del cuadro B.2, y en adelante del DNP.
- Inversión total: Desde 1950 hasta 1969 se obtuvo de Estadísticas Históricas de Colombia (Tomo 1), Unidad de Análisis Macroeconómico, DNP (1998). Desde 1970 hasta 1994 se obtuvo de las Cuentas Nacionales del DANE, y en adelante del DNP.
- PIB: Estadísticas Históricas de Colombia (Tomo 1), Unidad de Análisis Macroeconómico, DNP (1998).
- Las otras estadísticas que hacen parte del documento corresponden a cálculos del autor.

⁷² Inversión pública por sectores y total a precios corrientes: Desde 1970 hasta 1974 se obtuvo del Cuadro 30 de las Cuentas Nacionales del DANE. Desde 1975 hasta 1983 se obtuvo del documento “Sector Público Colombiano (DANE, Noviembre de 1984)”. Desde 1984 hasta 1986 se obtuvo del Boletín de Estadística #435, DANE, Junio de 1989. Desde 1987 hasta 1994 se obtuvo del Boletín de Estadística #532, DANE, Julio de 1997.

⁷³ Deflactor de la formación bruta de capital: Cociente entre la inversión pública a precios corrientes (ver pie de página anterior) y la inversión pública a precios constantes.

Anexo B: Estadísticas históricas de Colombia⁷⁴

CUADRO B.1

INVERSION Y PIB EN MILLONES DE PESOS DE 1975

Años	Inversión Pública	Inversión Privada	Inversión Total	PIB
1950	2862	20626	23488	118615
1951	3966	19912	23878	122316
1952	3725	22211	25936	130034
1953	4863	33655	38518	137940
1954	5994	37275	43269	147486
1955	8406	37438	45844	153252
1956	7977	34137	42114	159474
1957	7030	21698	28728	163031
1958	6205	22326	28531	167041
1959	6315	24625	30940	179118
1960	6173	30272	36445	186767
1961	7430	31781	39211	196273
1962	7471	33968	41439	206891
1963	6422	30358	36780	213268
1964	6603	34570	41173	226883
1965	6743	31550	38293	235051
1966	9678	29855	39533	247360
1967	12794	34194	46988	257588
1968	14272	34981	49253	272871
1969	16037	34508	50545	289523
1970	16490	36711	53201	307496
1971	19000	36786	55786	325825
1972	21526	33161	54687	350813
1973	21477	37966	59443	374398
1974	19391	45213	64604	395910
1975	21933	40196	62129	405108
1976	24020	44019	68039	424263
1977	31156	37362	68518	441906
1978	26698	48225	74923	479335
1979	28040	49735	77775	505119
1980	38756	49265	88021	525765
1981	41409	52130	93539	537736
1982	47123	49184	96307	542836
1983	51347	46097	97444	551380
1984	50416	48240	98656	569855
1985	48973	44532	93505	587561
1986	49626	51024	100650	621781
1987	43512	57959	101471	655164
1988	47330	65172	112502	681791
1989	46939	59672	106611	705068
1990	37264	65782	103046	735259
1991	38417	58268	96685	749976
1992	48742	59948	108690	780312
1993	56039	92061	148100	822335
1994	78559	101274	179833	870151
1995	82413	103886	186299	919534
1996	93729	80360	174089	938321
1997	98519	82267	180786	967955

⁷⁴ En Perdomo (2002b) se encuentra una recopilación más amplia de cuadros.

CUADRO B.2

INVERSIÓN PÚBLICA - FBKF- (Millones de pesos constantes de 1975)

Sectores / Años	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Administración pública general	430	589	447	755	557	515	795	712	732	1340	2039	2101	1908	1957	1589	1313	2004	1771	2196	2244	1861	1916	2272	2273	5624
Defensa	67	61	190	28	18	35	2	305	62	74	100	307	2	15	63	31	85	6	2	53	293	340	817	739	938
Educación						1204	1031	1505	1584	1380	1777	1435	1241	1593	1425	1548	1515	1449	1576	1460	1154	1793	1647	2227	3672
Salud y sanidad	708	840	873	856	885	1092	588	640	529	625	719	827	1125	1176	1037	942	873	939	886	821	682	615	1027	1684	2524
Seguridad y asistencia social						616	671	762	1179	1682	2428	2599	2208	1454	1516	931	1377	1308	1460	1547	1237	1673	1213	1124	991
Vivienda y ordenación urbana y rural						893	1133	1766	1485	1024	1941	1675	1054	3079	1118	25	886	1263	1599	1015	1166	1362	1263	1896	2086
Servicios culturales y recreativos	76	12	22	195	194	308	277	335	418	409	444	224	277	341	385	351	471	292	617	683	825	801	862	1225	1762
Administración de servicios económicos						406	524	297	602	448	814	711	1066	893	1327	526	646	1560	1261	2023	1603	1796	2343	1969	3085
Agricultura, silvicultura, caza y pesca						858	545	409	750	597	710	714	265	223	225	1437	879	980	1023	1135	469	524	1059	446	911
Minería e industria manufacturera						2872	3804	3751	3268	3204	2471	3829	7817	9329	9046	12354	14565	4876	7897	6500	4237	4562	6214	8439	10739
Electricidad, gas y agua						6564	6678	7746	7806	8368	12928	11587	14379	16099	20014	19240	15393	16463	14087	13248	11070	11920	15413	16977	22226
Carreteras						4332	4603	4910	4909	5499	7067	9091	8360	7490	6663	4115	5431	7334	8453	8625	7594	6208	8066	9193	14968
Transporte y comunicaciones						1364	2283	7262	2738	2566	3905	3755	4581	5832	4236	4327	3556	4394	5149	6453	3213	3271	4159	6048	8111
Otros servicios económicos						874	1086	756	637	824	1414	2554	2839	1862	1771	1818	1946	859	1119	1124	1850	1616	2366	1765	772
Deuda pública y otras finalidades no asignadas	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	14	0	18	5	7	12	19	20	36	151
TOTAL	16490	19000	21526	21477	19391	21933	24020	31156	26698	28040	38756	41409	47123	51347	50416	48973	49626	43512	47330	46939	37264	38417	48742	56039	78559

ANEXO C: PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA

Al momento de hacer las pruebas de raíz unitaria se tomaron en cuenta en primera instancia las pruebas ADF y KPSS al 10% de significancia. Si las dos pruebas coinciden en sus conclusiones, entonces la misma es aceptada. Sin embargo, si los resultados son contradictorios, se procede a observar las pruebas a un menor nivel de significancia para ver si la alguna de las dos pruebas varía en su resultado (Análisis de sensibilidad).

Se escogió hacer el análisis de esta forma por dos razones. Primero, todas las pruebas de raíz unitaria se encuentran sesgadas hacia algún resultado en particular⁷⁵. Por lo tanto, se escogieron las dos pruebas más populares que tienden a escoger resultados contradictorios (la prueba ADF y la KPSS). Al tomar datos anuales ambas pruebas tienden a no rechazar sus respectivas hipótesis nulas, donde para la primera corresponde a la existencia de raíz unitaria mientras que para la segunda corresponde a la no existencia de la misma⁷⁶. Segundo, se escogió un nivel de significancia del 10% para que cada prueba tuviera una menor probabilidad de no rechazar la hipótesis nula. La ventaja de utilizar esta metodología es que si las dos pruebas coinciden, entonces las conclusiones se ven autoreforzadas. Sin embargo, si no coinciden es necesario ser cuidadoso al momento de hacer el análisis VAR.

Por otro lado, también se hicieron análisis de cambio estructural siguiendo la metodología de Perron (1989) y cuando los resultados fueron relevantes, entonces los mismos se incorporaron al documento.

Prueba aumentada de Dickey – Fuller (ADF)

Los resultados de esta prueba se encuentran en el cuadro C.1. Para el desarrollo de la misma se tuvo cuidado de que no se violara la hipótesis de ruido blanco sobre los residuos (prueba Ljung-Box) y que las variables no tuvieran un comportamiento explosivo.

⁷⁵ Ver por ejemplo en Phillips y Xiao (1998) todo el debate que se ha formado alrededor del orden de integrabilidad de las variables consideradas en el artículo clásico de Nelson y Plosser (1982).

⁷⁶ Hay que tener cuidado al utilizar esta metodología en estimaciones trimestrales o mensuales porque tal como encuentran Caner y Kilian (1999), la prueba KPSS con esta frecuencia se encuentra sesgada hacia el rechazo de su hipótesis nula.

Cuadro C.1
Prueba ADF

Variable	Rezagos	Estadístico ⁷⁷	Pruebas sobre los componentes deterministas	Ljung-Box	Rezagos	Estadístico ⁷⁷	Pruebas sobre los componentes deterministas	Ljung-Box	Conclusión ⁷⁸
LIPUBT	2	$\tau_t = -3.137830$	$\tau_\beta = 2.99532+$	11.238 (0.509)	0	$\tau = -5.111060^*$	---	13.823 (0.312)	I(1)
LIPRIT	2	$\tau_t = -4.331309^*$	$\tau_\beta = -4.07669+$	3.5502 (0.990)	0	$\tau = -6.299447^*$	---	11.978 (0.447)	I(0)
LPIB	1	$\tau_t = -1.445029$	$\tau_\beta = 1.33820$	16.510 (0.169)	0	$\tau_\mu = -4.737580^*$	$\tau_\alpha = 2.53450$	16.965 (0.151)	I(1)
LAPG	3	$\tau_t = -2.560439$	$\tau_\beta = 2.69488+$	2.9260 (0.818)	0	$\tau = -4.673316^*$	---	5.2717 (0.509)	I(1)
LASCP	0	$\tau_\mu = -3.173259^{**}$	$\tau_\alpha = 0.25866$	2.1236 (0.832)	0	$\tau = -5.567725^*$	---	2.6841 (0.749)	I(0)
LASE	0	$\tau_t = -4.749711^*$	$\tau_\beta = 0.07182$	4.4594 (0.485)	0	$\tau = -7.476286^*$	---	2.7239 (0.742)	I(0)
LCARR	2	$\tau_t = -2.823956$	$\tau_\beta = 2.44363+$	2.5111 (0.775)	0	$\tau = -2.633996^{**}$	---	4.8521 (0.434)	I(1)
LD	0	$\tau_\mu = -3.067298^{**}$	$\tau_\alpha = -0.63628$	1.8571 (0.932)	0	$\tau = -7.069741^*$	---	6.7004 (0.349)	I(0)
LE	3	$\tau_t = -0.759883$	$\tau_\beta = 2.55581$	3.8148 (0.576)	1	$\tau = -4.611658^*$	---	6.5346 (0.258)	I(1)
LEGYA	1	$\tau_t = -1.441292$	$\tau_\beta = 7.34310+$	2.4833 (0.779)	0	$\tau = -3.424535^*$	---	1.4853 (0.915)	I(1)
LMIM	0	$\tau_t = -2.040855$	$\tau_\beta = 0.09390$	7.5229 (0.185)	0	$\tau = -4.424565^*$	---	6.7088 (0.243)	I(1)
LOSE	4	$\tau_\mu = -2.752217^{***}$	$\tau_\alpha = 2.05138$	1.0539 (0.958)	0	$\tau = -3.381331^*$	---	3.5966 (0.609)	I(0)
LSCYR	2	$\tau_t = -5.287592^*$	$\tau_\beta = 3.29999+$	4.2855 (0.638)	0	$\tau = -5.766234^*$	---	1.2022 (0.977)	I(0)
LSYAS	3	$\tau_\mu = -3.885258^{**}$	$\tau_\alpha = 4.39415+$	1.2060 (0.944)	0	$\tau = 3.985208^*$	---	6.3832 (0.271)	I(0)
LSYS	2	$\tau_\mu = -2.130640$	$\tau_\alpha = 2.14931$	1.3961 (0.966)	0	$\tau = -3.425765^*$	---	3.4955 (0.745)	I(1)
LTYC	1	$\tau_t = -5.368135^*$	$\tau_\beta = 1.72065$	4.1019 (0.535)	0	$\tau = -4.825757^*$	---	2.6848 (0.748)	I(0)
LVOUR	0	$\tau_\mu = 3.270114^{**}$	$\tau_\alpha = 3.27342+$	0.7197 (0.982)	0	$\tau = -5.816284^*$	---	4.6856 (0.455)	I(0)

Nota: La prueba Ljung-Box fue calculada acorde al rezago T/4, donde T es el número de datos de la serie.

* Significativo al 1%

** Significativo al 5%

*** Significativo al 10%

+ El componente determinístico es significativo.

Prueba KPSS

Para realizar la prueba KPSS es necesario especificar el número de rezagos y si se incluye o no la tendencia dentro de la prueba.

Para determinar el número de rezagos se hizo el cálculo de Newey-West (1987, 1993) sobre la ventana de Barlett número 4 para las variables sectoriales y número 8 para las variables no sectoriales (LPIB, LIPUBT y LIPRIT), esto se hizo así por tres motivos. Primero, desde que salió el

⁷⁷ Para algunos estadísticos que fueron considerados el intercepto y/o la tendencia pueden no ser significativos. Sin embargo, su no inclusión implicaría un comportamiento explosivo de la serie. Por lo cual, se muestra el resultado incluyendo dicho estadístico.

⁷⁸ Una variable es I(0) si el estadístico rechaza la hipótesis de raíz unitaria. Una variable es I(1) si el estadístico no rechaza la hipótesis de raíz unitaria, pero su primera diferencia si la rechaza.

artículo de Schwert (1989) los investigadores le han dado preferencia a las ventanas de Barlett números 4, 8 y 12 para escoger el número de rezagos en la prueba de Phillips-Perron y en la prueba KPSS. Segundo, al ser la extensión de las series de inversión pública sectorial demasiado corta, entonces las pruebas se ven muy afectadas por la pérdida de grados de libertad y dentro de las tres ventanas la número 4 es la que permite una menor pérdida de los mismos. Tercero, para las series no sectoriales se escogió una ventana 8 por las propiedades que se le atribuyen en el artículo pionero de Kwiatkowski, Phillips, Schmith y Shin (1992).

A partir de una prueba de tendencia se determinó para cada variable si el estadístico KPSS debe considerar o no la presencia de tendencia lineal. La prueba se lleva a cabo de la siguiente forma: se estima la ecuación $x_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t$, donde los β_i son los parámetros a estimar, x_t es la variable a la cual se le quiere especificar la tendencia, t representa el tiempo y ε es el término de error de la estimación. Para saber si una serie tiene tendencia lineal se analiza para β_1 el valor del t-estadístico y si éste es superior a su valor crítico se concluye que tiene tendencia. Los resultados de la prueba de tendencia se encuentran en el siguiente cuadro.

Cuadro C.2
Prueba de tendencia⁷⁹

Variable	NIVELES			PRIMERA DIFERENCIA		
	t-estadístico*	t-crítico ($\alpha=0.01$)	Tendencia	t-estadístico*	t-crítico ($\alpha=0.01$)	Tendencia
LIPUBT	28.3353	2.407	SI	-1.505047	2.408	NO
LIPRIT	15.3170	2.407	SI	-0.924293	2.408	NO
LPIB	96.2744	2.407	SI	-0.043707	2.408	NO
LAPG	9.552701	2.485	SI	0.401209	2.492	NO
LASCP	0.8579	2.528	NO	0.422323	2.539	NO
LASE	8.5391	2.528	SI	0.232689	2.539	NO
LCARR	3.9148	2.528	SI	0.624427	2.539	NO
LD	1.529186	2.485	NO	0.501670	2.492	NO
LE	3.0838	2.528	SI	1.120903	2.539	NO
LEGYA	4.5390	2.528	SI	-0.214353	2.539	NO
LMIM	2.9225	2.528	SI	-0.053556	2.539	NO
LOSE	1.3341	2.528	NO	-1.031865	2.539	NO
LSCYR	6.712098	2.485	SI	0.154008	2.492	NO
LSYAS	0.7176	2.528	NO	-1.642392	2.539	NO
LSYS	2.352586	2.485	NO	1.272804	2.492	NO
LTYC	2.7544	2.528	SI	-0.345426	2.539	NO
LVOUR	0.1472	2.528	NO	0.117133	2.539	NO

Teniendo en cuenta los resultados del cuadro C.2 y sabiendo que según el cálculo de Newey-West el número de rezagos a incluir en la prueba KPSS es de 3 para las variables sectoriales y 7 para las variables no sectoriales, entonces se tiene que:

⁷⁹ Obsérvese que este análisis coincide con lo que se puede apreciar en los gráficos que se encuentran en el anexo E.

Cuadro C.3
Prueba KPSS

Variable*	Estadístico ⁸⁰		Conclusión
	Niveles	Primera diferencia	
LIPUBT	$\eta_{\tau} = 0.08215^*$	$\eta_{\mu} = 0.06632^*$	I(0)
LIPRIT	$\eta_{\tau} = 0.14127$	$\eta_{\mu} = 0.03618^*$	I(1)
LPIB	$\eta_{\tau} = 0.14547$	$\eta_{\mu} = 0.23325^*$	I(1)
LAPG	$\eta_{\tau} = 0.10235^*$	$\eta_{\mu} = 0.09624^*$	I(0)
LASCP	$\eta_{\mu} = 0.14701^*$	$\eta_{\mu} = 0.11633^*$	I(0)
LASE	$\eta_{\tau} = 0.07508^*$	$\eta_{\mu} = 0.10645^*$	I(0)
LCARR	$\eta_{\tau} = 0.08103^*$	$\eta_{\mu} = 0.12597^*$	I(0)
LD	$\eta_{\mu} = 0.21777^*$	$\eta_{\mu} = 0.13334^*$	I(0)
LE	$\eta_{\tau} = 0.11059^*$	$\eta_{\mu} = 0.23485^*$	I(0)
LEGYA	$\eta_{\tau} = 0.12312^*$	$\eta_{\mu} = 0.11824^*$	I(1)
LMIM	$\eta_{\tau} = 0.10007^*$	$\eta_{\mu} = 0.08659^*$	I(0)
LOSE	$\eta_{\mu} = 0.17519^*$	$\eta_{\mu} = 0.18471^*$	I(0)
LSCYR	$\eta_{\tau} = 0.10334^*$	$\eta_{\mu} = 0.08007^*$	I(0)
LSYAS	$\eta_{\mu} = 0.12723^*$	$\eta_{\mu} = 0.23861^*$	I(0)
LSYS	$\eta_{\mu} = 0.30285^*$	$\eta_{\mu} = 0.17915^*$	I(0)
LTYC	$\eta_{\tau} = 0.11710^*$	$\eta_{\mu} = 0.15183^*$	I(0)
LVOUR	$\eta_{\mu} = 0.10564^*$	$\eta_{\mu} = 0.11033^*$	I(0)

*No se rechaza la hipótesis nula al 10% de significancia.

Análisis de sensibilidad

Comparando los resultados obtenidos con la prueba ADF y KPSS se observa que al 10% de significancia existe controversia acerca del orden de integración de las siguientes variables: LIPUBT, LIPRIT, LAPG, LCARR, LE, LEGYA, LSYS.

Sin embargo, considerando en las pruebas de raíz unitaria un nivel de significancia inferior al 10% es fácil verificar que la variable LIPRIT es integrada de orden cero. El resultado de la prueba KPSS no se mantiene a un nivel de 0.05⁸¹, mientras que el resultado de la prueba ADF se mantiene aun en niveles de significancia inferiores a 0.01.

Con respecto las otras variables los resultados no se vieron alterados.

Prueba de Perron (1989) de cambio estructural

A todas las variables se les hicieron análisis de cambio estructural para ver si la prueba ADF se veía alterada en sus resultados. A excepción de la variable LIPRIT ninguna otra variable presento diferencias con respecto a los resultados de la prueba ADF.

⁸⁰ El valor crítico de η_{τ} es 0.119 y de η_{μ} es 0.347 los cuales corresponden a un $\alpha = 0.1$.

⁸¹ El valor crítico de η_{τ} al 5% de significancia es 0.146.

La inversión privada puede ser perfectamente explicada por medio de un modelo que incorpore un cambio estructural en niveles a partir de 1991.

Cuadro C.4
Análisis de cambio estructural de Perron (1989) sobre la inversión privada

Variable	Año del quiebre estructural	Modelo	Número de rezagos	Valor del estadístico de prueba	$I(0)$ ⁸²	Ljung-Box	Nivel de significancia de Q
LIPRIT	1991	Cambio en el intercepto (Modelo A de Perron, 1989)	1	-5.665*	SI	Q ₁₂ = 7.5442	0.820

* Significativo al 1%

Los resultados del cuadro C.4 coinciden con la apreciación de Cárdenas y Olivera (1995) en donde se afirma que a raíz de las reformas económicas que se dieron desde comienzos de la década del noventa, entonces la inversión privada tiene un cambio permanente a comienzos de dicha década.

⁸² Obsérvese que este resultado ratifica el análisis de sensibilidad donde la variable LIPRIT es integrada de orden cero.

ANEXO D: PRUEBAS DE COINTEGRACIÓN.

A todos los sistemas que involucraban al menos dos variables integradas de orden uno o incierto se les hicieron pruebas de cointegración siguiendo el método de máxima verosimilitud de Johansen y aplicando el principio de Pantula. Este principio considera que el investigador debe comenzar la prueba de Johansen secuencialmente desde el modelo más restringido y con el menor número de vectores de cointegración (en nuestro caso el modelo CIMEAN y $r = 0$ ⁸³), ir comparando el resultado de la prueba de la traza con su valor crítico, trasladándose por los modelos y manteniendo el número de vectores de cointegración, hasta llegar al modelo menos restringido y con el mayor número de vectores de cointegración (en nuestro caso el modelo DRIFT con $r = 2$)⁸⁴. El investigador se detendrá en el momento en que no exista evidencia para rechazar la hipótesis nula de r vectores de cointegración. Esto debe ser realizado para cada uno de los rezagos considerados.

Hay tres aspectos adicionales que se tuvieron en cuenta al momento de realizar la prueba de cointegración. Primero, los valores críticos se determinaron según las tablas de Osterwald-Lenum (1992). Segundo, a todas las pruebas se les hizo el ajuste de Cheung-Lai (1993) para muestras pequeñas. Este ajuste se hace multiplicando el valor de la prueba de la traza por el factor $(t-nk)/t$ donde t es el número de datos, n es el número de variables en el sistema y k es el número de rezagos incluidos. Tercero, el número de rezagos considerados dentro de la prueba corresponde a los que presentaron un comportamiento óptimo de los residuales. Entendiéndose como comportamiento óptimo aquel en el cual se alcanza normalidad multivariada y univariada y ruido blanco multivariado.

A continuación se presentan los resultados de las pruebas de cointegración para los sistemas VAR que tienen al menos dos variables integradas de orden uno (o incierto)⁸⁵. El punto donde paran las pruebas, según el principio de Pantula, se ha identificado con el signo (+).

⁸³ La letra r hace referencia al número de vectores de cointegración.

⁸⁴ No se consideraron los modelos NONE y CIDRIFT porque a partir de los gráficos de las variables (ver anexo E) se puede apreciar que las variables que son incorporadas en las pruebas de cointegración no tienen tendencia cuadrática en los niveles y además se reconoce un patrón lineal en la tendencia. Para una mayor información acerca de este tipo de modelos ver Johansen (1988) y Hansen y Juselius (1995).

⁸⁵ Además de las pruebas de cointegración que se presentan a continuación también se hicieron otras pruebas considerando la variable LIPRIT como exógenamente débil y/o incorporando variables dummy. Pero, dado que los resultados no cambiaron, entonces las mismas se obviaron en la presentación del documento.

Sistema (LPIB, LIPUBT, LIPRIT): Al desarrollar la prueba de cointegración en este sistema se encontró que sólo si se utilizaban 2 ó 4 rezagos se podría encontrar un comportamiento óptimo de los residuales. Los resultados de la prueba se encuentran en el cuadro D.1.

Cuadro D.1
Prueba de Johansen para componentes determinísticos y rango de cointegración: El principio de Pantula (LPIB, LIPUBT, LIPRIT)

r	n-r	CIMEAN	VC(5%) λ_{Traza} test	DRIFT	VC(5%) λ_{Traza} test
2 rezagos					
0	3	45.43	29.68	29.08+	42.44
1	2	23.31	15.41	9.87	25.32
2	1	7.46	3.76	2.76	12.25
Modelo DRIFT(2 rezagos): <u>Pruebas multivariadas sobre los residuos:</u> Portmanteau ajustado: 102.003 (0.06) Normalidad: 5.965 (0.43) Nivel de significancia entre paréntesis <u>Pruebas univariadas sobre los residuos:</u> LPIB – Normalidad: 0.114 LIPUBT – Normalidad: 0.360 LIPRIT – Normalidad: 2.565 Valor crítico (10%) = 4.61 Conclusión: Las series no están cointegradas (r=0).					
4 rezagos					
0	3	21.17	29.68	14.07+	42.44
1	2	11.07	15.41	6.55	25.32
2	1	4.50	3.76	2.04	12.25
Modelo DRIFT (4 rezagos): <u>Pruebas multivariadas sobre los residuos:</u> Portmanteau ajustado: 83.055 (0.05) Normalidad: 3.262 (0.78) Nivel de significancia entre paréntesis <u>Pruebas univariadas sobre los residuos:</u> LPIB – Normalidad: 1.371 LIPUBT – Normalidad: 1.765 LIPRIT – Normalidad: 0.232 Valor crítico (10%) = 4.61 Conclusión: Las series no están cointegradas (r=0).					

Sistema (LPIB, LIPRIT, LAPG): Las pruebas sobre los residuos sólo se pasaron utilizando 1 ó 2 rezagos.

Cuadro D.2 (Primera Parte)
Prueba de Johansen para componentes determinísticos y rango de cointegración: El principio de Pantula (LPIB, LIPRIT, LAPG)

r	n-r	CIMEAN	VC(5%) λ_{Traza} test	DRIFT	VC(5%) λ_{Traza} test
1 rezago					
0	3	73.70	29.68	29.13+	42.44
1	2	17.40	15.41	14.01	25.32
2	1	6.92	3.76	6.76	12.25
Modelo DRIFT(1 rezago): <u>Pruebas multivariadas sobre los residuos:</u> Portmanteau ajustado: 53.657 (0.18) Normalidad: 8.164 (0.23) Nivel de significancia entre paréntesis <u>Pruebas univariadas sobre los residuos:</u> LPIB – Normalidad: 0.437 LIPRIT – Normalidad: 1.297 LAPG – Normalidad: 1.968 Valor crítico (10%) = 4.61 Conclusión: Las series no están cointegradas (r=0).					

Cuadro D.2 (Segunda Parte)

Prueba de Johansen para componentes determinísticos y rango de cointegración: El principio de Pantula (LPIB, LIPRIT, LAPG)

r	n-r	CIMEAN	VC(5%) λ_{Traza} test	DRIFT	VC(5%) λ_{Traza} test
2 rezagos					
0	3	19.84+	29.68	16.00	42.44
1	2	10.85	15.41	8.25	25.32
2	1	3.72	3.76	1.71	12.25
Modelo CIMEAN (2 rezagos): <u>Pruebas multivariadas sobre los residuos:</u> Portmanteau ajustado: 33.880 (0.17) Normalidad: 7.849 (0.25) Nivel de significancia entre paréntesis <u>Pruebas univariadas sobre los residuos:</u> LPIB – Normalidad: 3.472 LIPRIT – Normalidad: 0.265 LAPG – Normalidad: 2.389 Valor crítico (10%) = 4.61 Conclusión: Las series no están cointegradas (r=0).					

Sistema (LPIB, LIPRIT, LACAR): Los modelos con otro número de rezagos diferentes a los presentados en el cuadro D.3 presentaron problemas en las pruebas sobre los residuales.

Cuadro D.3

Prueba de Johansen para componentes determinísticos y rango de cointegración: El principio de Pantula (LPIB, LIPRIT, LCARR)

r	n-r	CIMEAN	VC(5%) λ_{Traza} test	DRIFT	VC(5%) λ_{Traza} test
2 rezagos					
0	3	34.87	29.68	31.05+	42.44
1	2	10.66	15.41	7.39	25.32
2	1	2.70	3.76	0.31	12.25
Modelo DRIFT(2 rezagos): <u>Pruebas multivariadas sobre los residuos:</u> Portmanteau ajustado: 22.907 (0.19) Normalidad: 9.727 (0.14) Nivel de significancia entre paréntesis <u>Pruebas univariadas sobre los residuos:</u> LPIB – Normalidad: 4.781 LIPRIT – Normalidad: 1.431 LCARR – Normalidad: 2.455 Valor crítico (10%) = 4.61 Conclusión: Las series no están cointegradas (r=0).					

Sistema (LPIB, LIPRIT, LE): Los únicos sistemas con los que se pasó la prueba sobre los residuos al 1% de significancia son los reportados en el cuadro D.4.

Cuadro D.4
Prueba de Johansen para componentes determinísticos y rango de
cointegración: El principio de Pantula (LPIB, LIPRIT, LE)

r	n-r	CIMEAN	VC(5%) λ_{Traza} test	DRIFT	VC(5%) λ_{Traza} test
1 rezago					
0	3	47.92	29.68	19.73+	42.44
1	2	16.11	15.41	4.19	25.32
2	1	4.06	3.76	3.25	12.25
Modelo: DRIFT (1 rezago): <u>Pruebas multivariadas sobre los residuos:</u> Portmanteau ajustado: 46.043 (0.01) Normalidad: 9.562 (0.14) Nivel de significancia entre paréntesis <u>Pruebas univariadas sobre los residuos:</u> LPIB – Normalidad: 2.443 LIPRIT – Normalidad: 4.180 LE – Normalidad: 2.685 Valor crítico (10%) = 4.61					
Conclusión: Las series no están cointegradas (r=0).					
1 rezago con una dummy a partir de 1992⁸⁶					
0	3	45.65	29.68	18.70+	42.44
1	2	15.72	15.41	5.50	25.32
2	1	2.91	3.76	1.25	12.25
Modelo DRIFT (1 rezago con dummy): <u>Pruebas multivariadas sobre los residuos:</u> Portmanteau ajustado: 41.073 (0.04) Normalidad: 8.315 (0.22) Nivel de significancia entre paréntesis <u>Pruebas univariadas sobre los residuos:</u> LPIB – Normalidad: 2.774 LIPRIT – Normalidad: 3.786 LE – Normalidad: 2.373 Valor crítico (10%) = 4.61					
Conclusión: Las series no están cointegradas (r=0).					

Sistema (LPIB, LIPRIT, LEGYA): Al 5% de significancia sólo el modelo de un rezago pasa las pruebas de los residuales.

Cuadro D.5
Prueba de Johansen para componentes determinísticos y rango de
cointegración: El principio de Pantula (LPIB, LIPRIT, LEGYA)

r	n-r	CIMEAN	VC(5%) λ_{Traza} test	DRIFT	VC(5%) λ_{Traza} test
1 rezago					
0	3	47.37	29.68	10.49+	42.44
1	2	7.44	15.41	3.37	25.32
2	1	1.78	3.76	1.00	12.25
Modelo DRIFT(1 rezago): <u>Pruebas multivariadas sobre los residuos:</u> Portmanteau ajustado: 39.869 (0.05) Normalidad: 2.851 (0.83) Nivel de significancia entre paréntesis <u>Pruebas univariadas sobre los residuos:</u> LPIB – Normalidad: 0.793 LIPRIT – Normalidad: 0.545 LEGYA – Normalidad: 0.546 Valor crítico (10%) = 4.61					
Conclusión: Las series no están cointegradas (r=0).					

⁸⁶ La prueba considerando una variable dummy y un rezago se ha incluido dentro del documento porque las pruebas sobre los residuos dieron mucho mejor que en los otros casos. En este caso, la variable dummy resulta acorde con los cambios de política económica y social acaecidos a partir de la década del noventa.

Sistema (LPIB, LIPRIT, LMIM): Sólo el modelo con un rezago tuvo un comportamiento óptimo en los residuales al 5% de significancia.

Cuadro D.6
Prueba de Johansen para componentes determinísticos y rango de cointegración: El principio de Pantula (LPIB, LIPRIT, LMIM)

r	n-r	CIMEAN	VC(5%) λ_{Traza} test	DRIFT	VC(5%) λ_{Traza} test
1 rezago					
0	3	51.85	29.68	11.14+	42.44
1	2	8.80	15.41	4.00	25.32
2	1	3.54	3.76	0.42	12.25
Modelo DRIFT(1 rezago): <u>Pruebas multivariadas sobre los residuos:</u> Portmanteau ajustado: 38.407 (0.07) Normalidad: 5.159 (0.52) Nivel de significancia entre paréntesis <u>Pruebas univariadas sobre los residuos:</u> LPIB – Normalidad: 1.309 LIPRIT – Normalidad: 0.698 LMIM – Normalidad: 1.493 Valor crítico (10%) = 4.61 Conclusión: Las series no están cointegradas (r=0).					

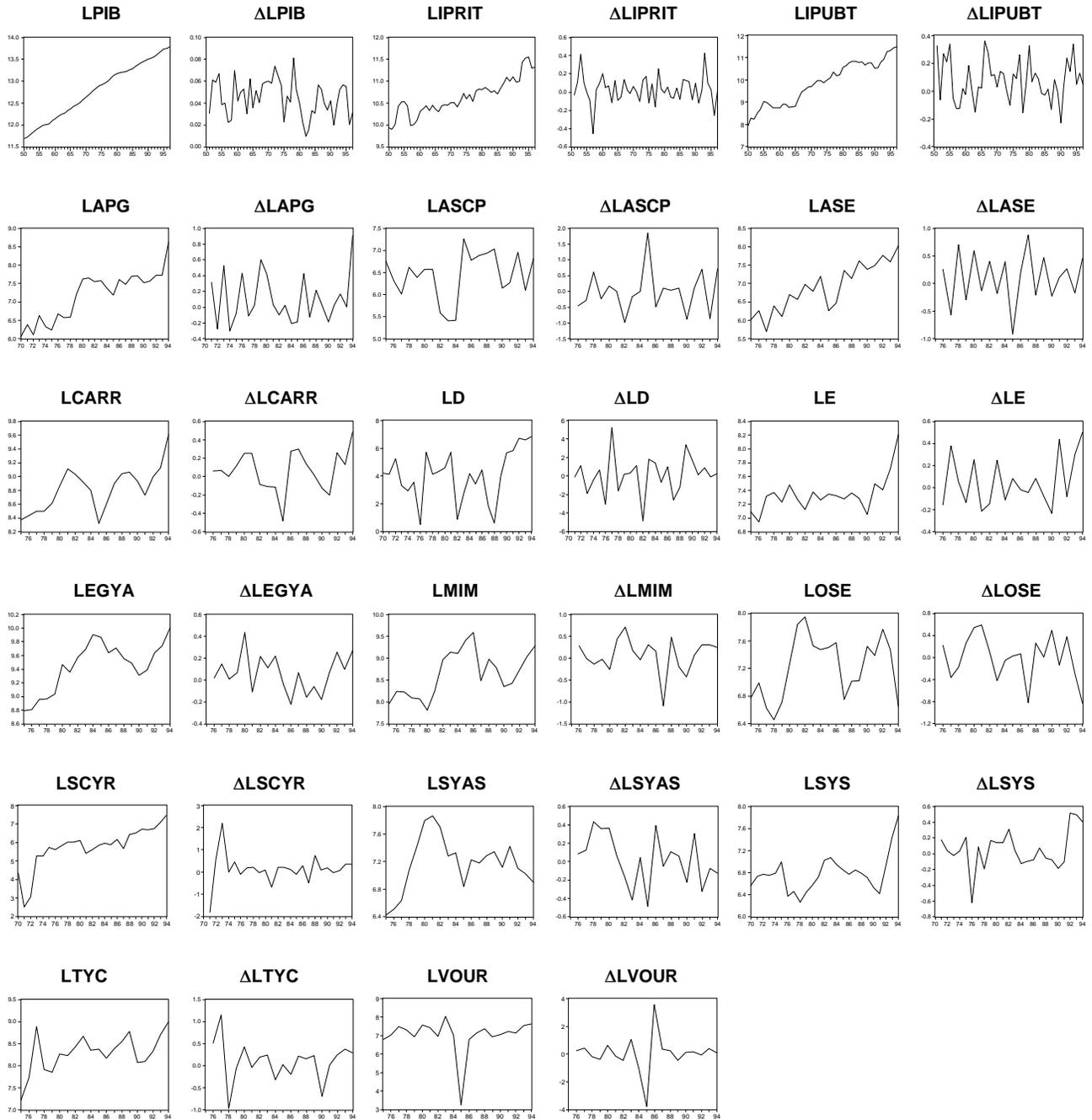
Sistema (LPIB, LIPRIT, LSYS): Sólo los modelos con 1 y 2 rezagos cumplen las pruebas sobre los residuales al 1% de significancia.

Cuadro D.7
Prueba de Johansen para componentes determinísticos y rango de cointegración: El principio de Pantula (LPIB, LIPRIT, LSYS)

r	n-r	CIMEAN	VC(5%) λ_{Traza} test	DRIFT	VC(5%) λ_{Traza} test
1 rezago					
0	3	66.39	29.68	21.01+	42.44
1	2	14.52	15.41	7.58	25.32
2	1	3.19	3.76	0.07	12.25
Modelo DRIFT (1 rezago): <u>Pruebas multivariadas sobre los residuos:</u> Portmanteau ajustado: 64.944 (0.03) Normalidad: 3.712 (0.72) Nivel de significancia entre paréntesis <u>Pruebas univariadas sobre los residuos:</u> LPIB – Normalidad: 0.109 LIPRIT – Normalidad: 1.068 LSYS– Normalidad: 2.570 Valor crítico (10%) = 4.61 Conclusión: Las series no están cointegradas (r=0).					
2 rezagos					
0	3	27.41+	29.68	22.84+	42.44
1	2	8.35	15.41	5.63	25.32
2	1	5.70	3.76	0.02	12.25
Modelo DRIFT (2 rezagos): <u>Pruebas multivariadas sobre los residuos:</u> Portmanteau ajustado: 39.555 (0.06) Normalidad: 2.835 (0.83) Nivel de significancia entre paréntesis <u>Pruebas univariadas sobre los residuos:</u> LPIB – Normalidad: 1.272 LIPRIT – Normalidad: 1.334 LSYS– Normalidad: 1.593 Valor crítico (10%) = 4.61 Conclusión: Las series no están cointegradas (r=0).					

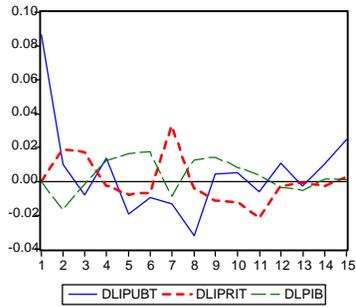
En conclusión, en ninguno de los anteriores sistemas las variables están cointegradas. Por lo tanto, todos los modelos deben ser estimados como un VAR en primeras diferencias sin incorporar ningún mecanismo de corrección de errores.

Anexo E: Gráficos del logaritmo y de la primera diferencia del logaritmo de las series

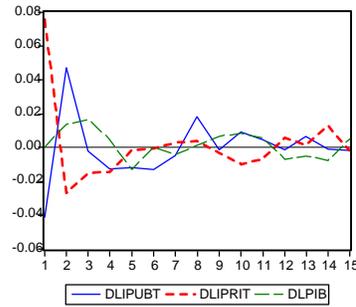


Anexo F: Funciones Impulso-Respuesta

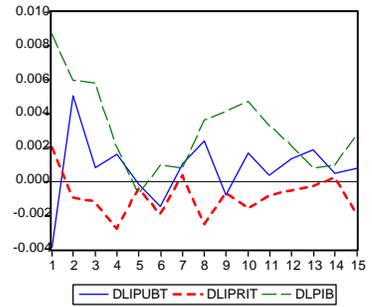
Respuesta de DLIPUBT a los diferentes shocks



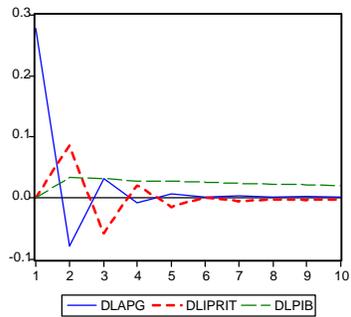
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks



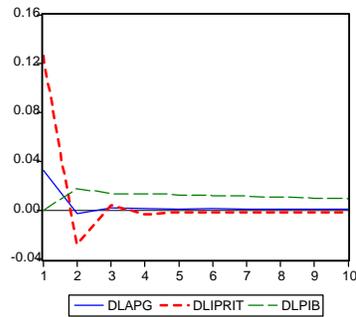
Respuesta de DLPIB a los diferentes shocks



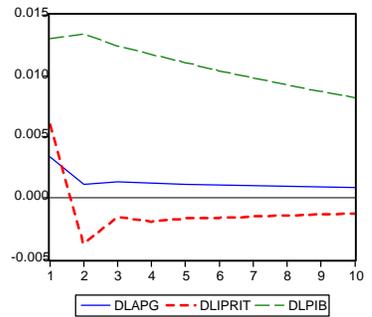
Respuesta de DLAPG a los diferentes shocks



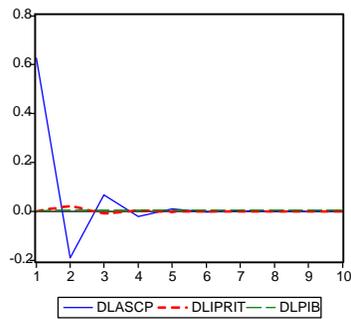
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks



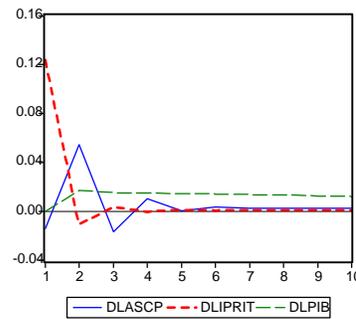
Respuesta de DLPIB a los diferentes shocks



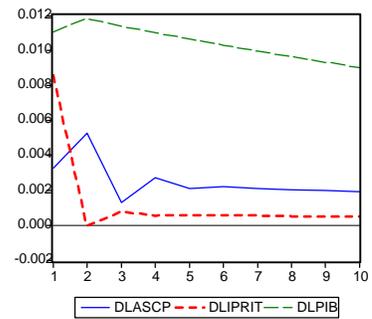
Respuesta de DLASCP a los diferentes shocks



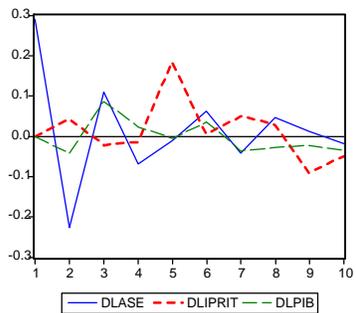
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks



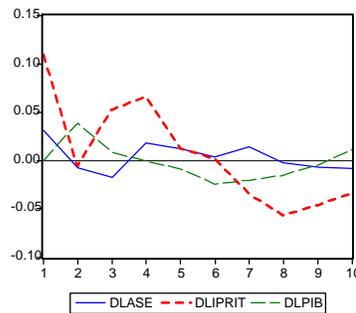
Respuesta de DLPIB a los diferentes shocks



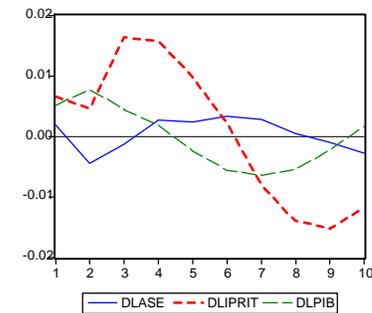
Respuesta de DLASE a los diferentes shocks



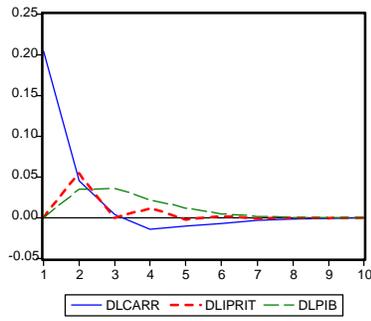
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks



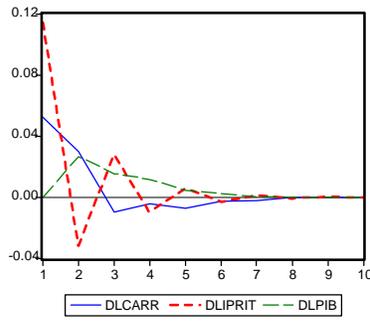
Respuesta de DPIB a los diferentes shocks



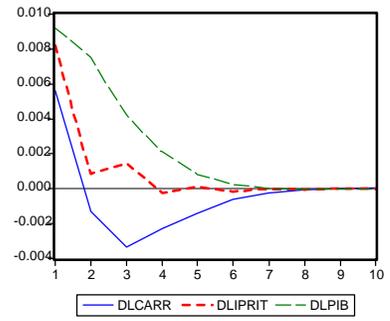
Respuesta de DLCARR a los diferentes shocks



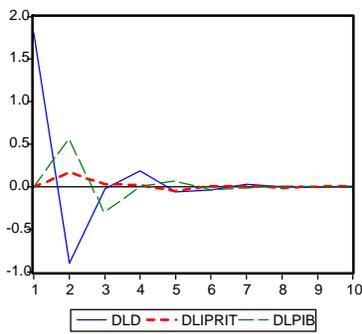
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks



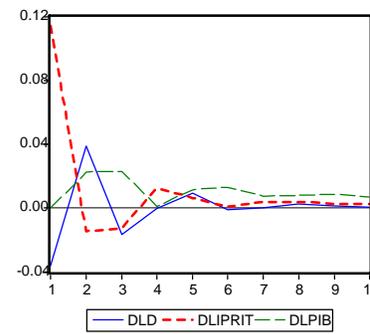
Respuesta de DLPIB a los diferentes shocks



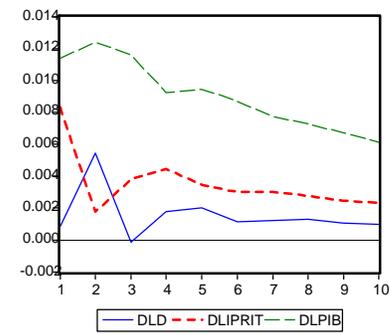
Respuesta de DLD a los diferentes shocks



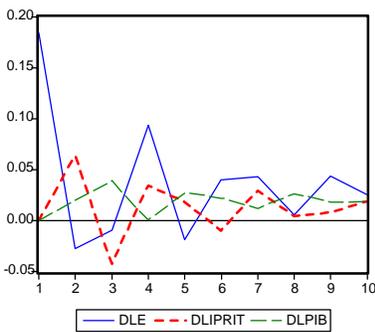
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks



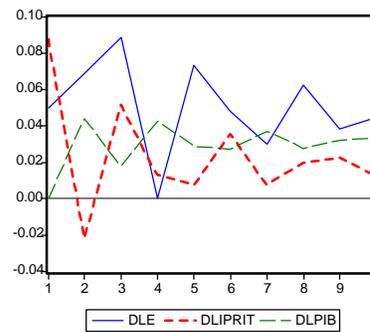
Respuesta de DLPIB a los diferentes shocks



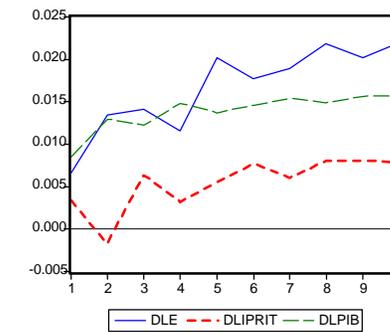
Respuesta de DLE a los diferentes shocks



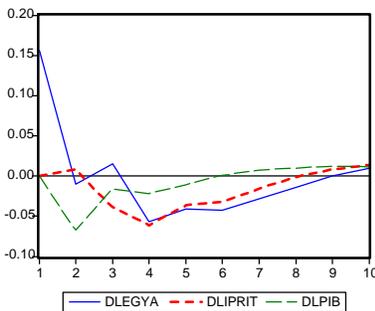
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks



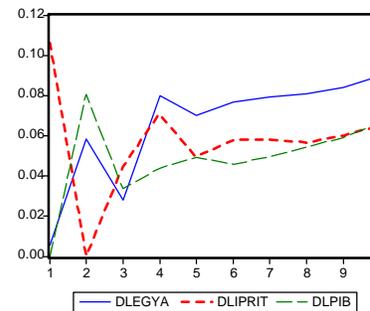
Respuesta de DLPIB a los diferentes shocks



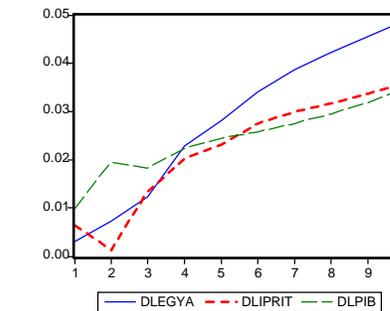
Respuesta de DLEGYA a los diferentes shocks



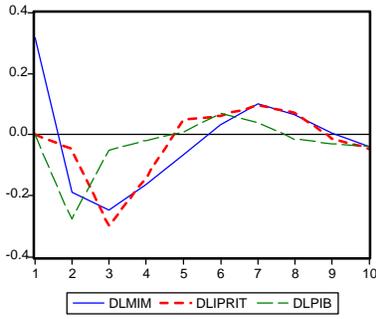
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks



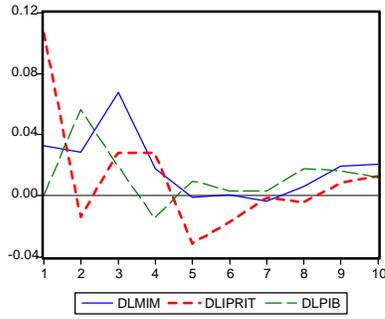
Respuesta de DLPIB a los diferentes shocks



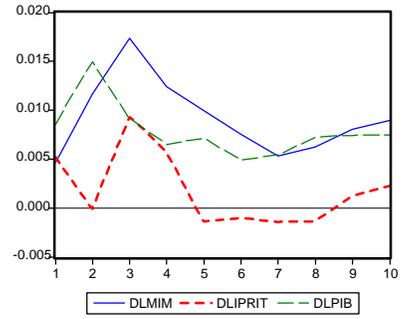
Respuesta de DLMIM a los diferentes shocks



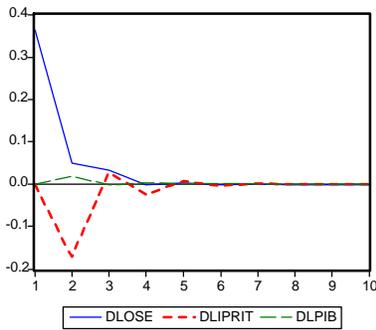
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks



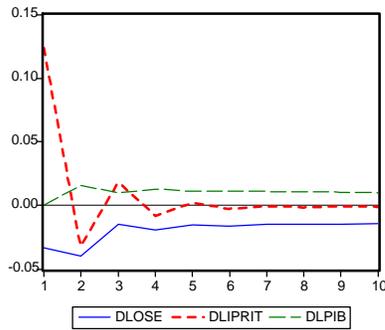
Respuesta de DLPIB a los diferentes shocks



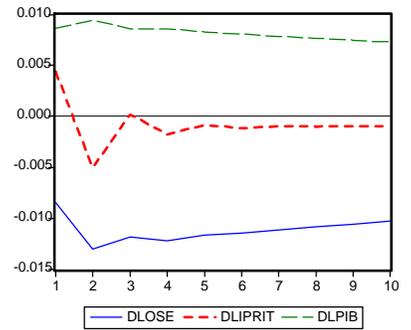
Respuesta de DLOSE a los diferentes shocks



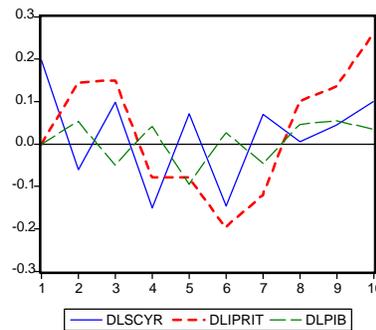
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks



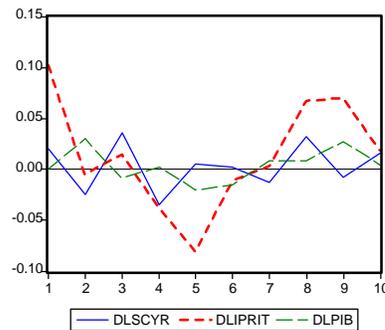
Respuesta de DLPIB a los diferentes shocks



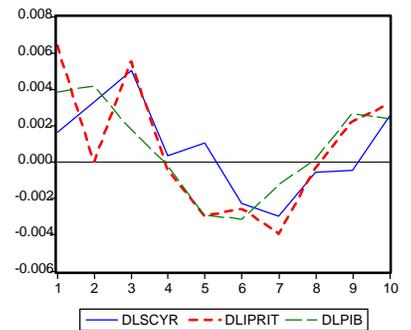
Respuesta de DLSCYR a los diferentes shocks



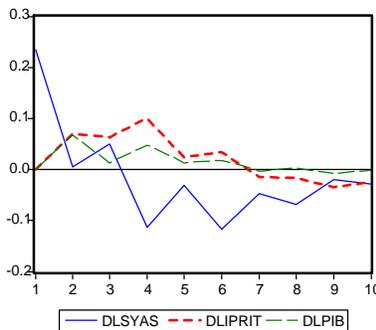
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks



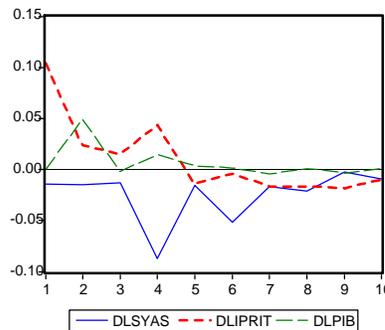
Respuesta de DLPIB a los diferentes shocks



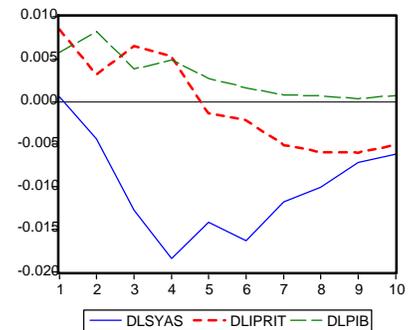
Respuesta de DLSYAS a los diferentes shocks



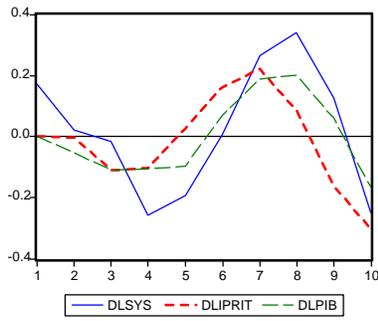
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks



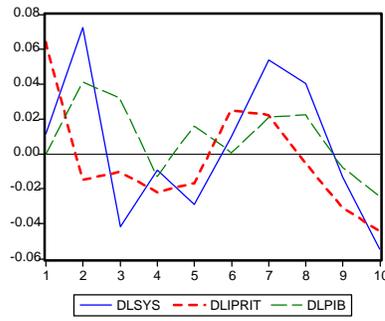
Respuesta de DLPIB a los diferentes shocks



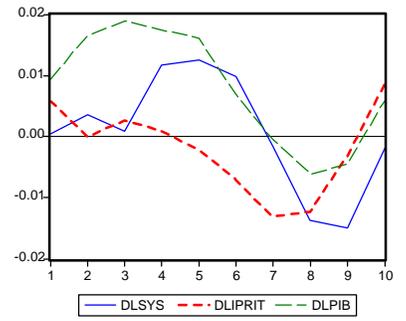
Respuesta de DLSYS a los diferentes shocks



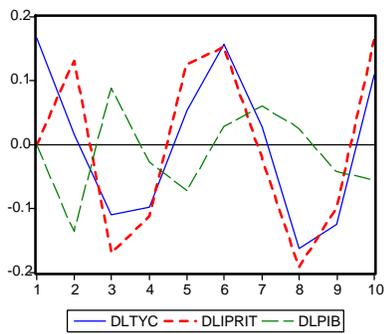
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks



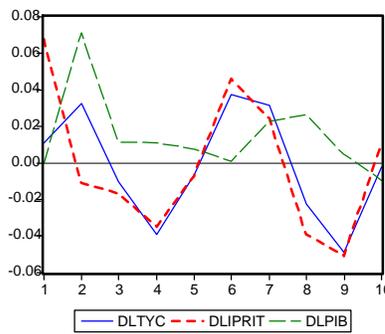
Respuesta de DLPIB a los diferentes shocks



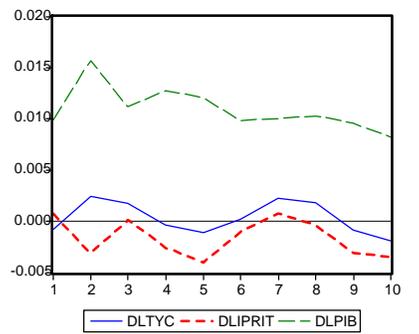
Respuesta de DLTYC a los diferentes shocks



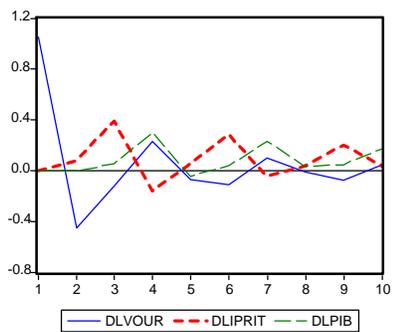
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks



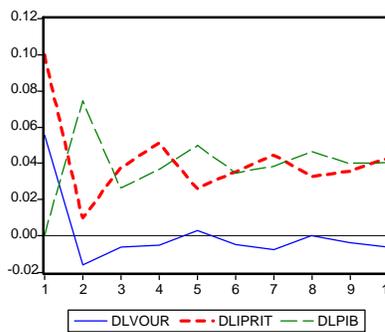
Respuesta de DLPIB a los diferentes shocks



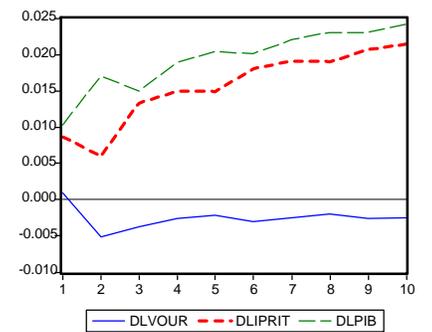
Respuesta de DLVOUR a los diferentes shocks



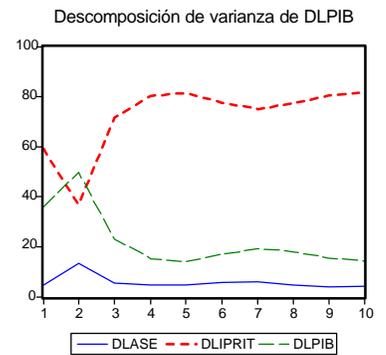
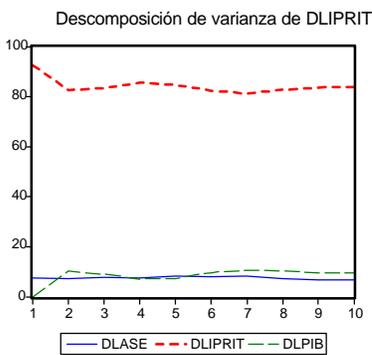
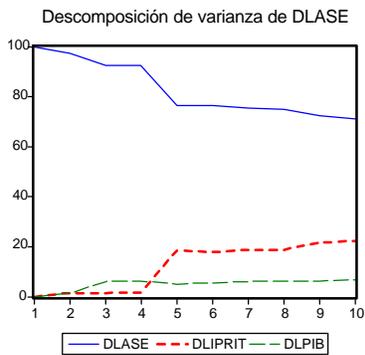
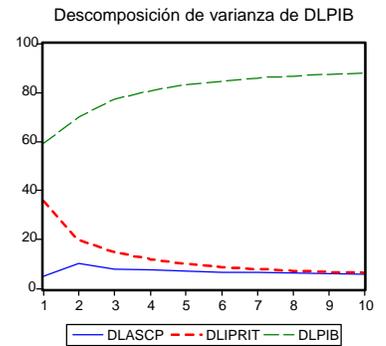
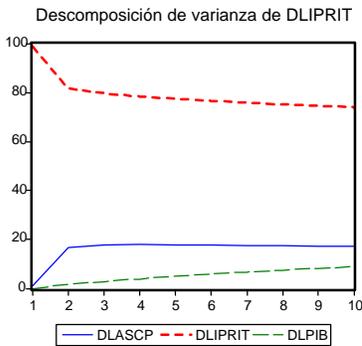
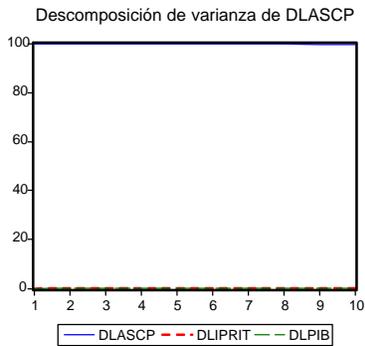
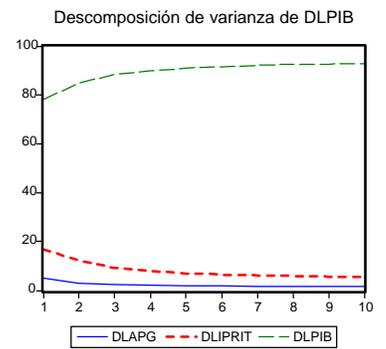
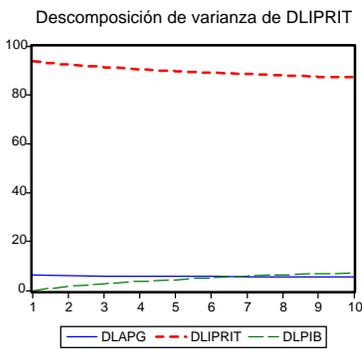
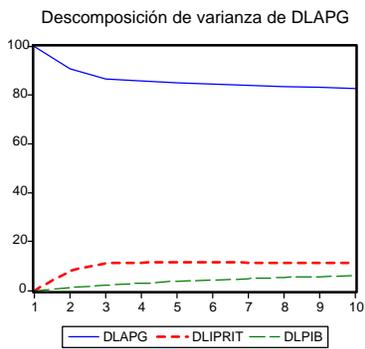
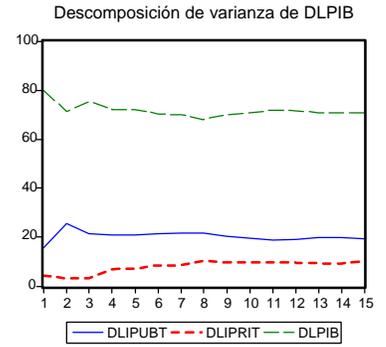
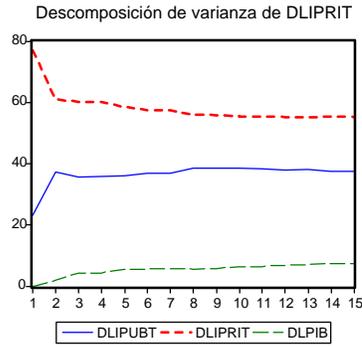
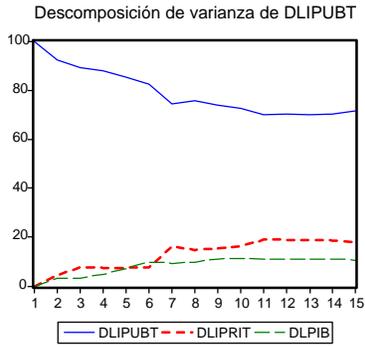
Respuesta de DLIPRIT a los diferentes shocks

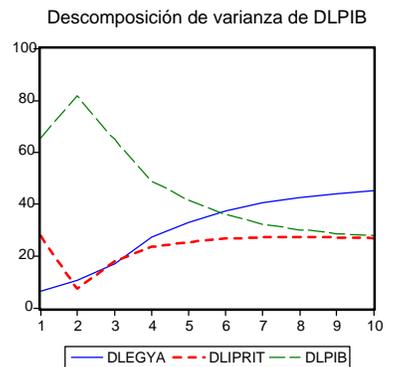
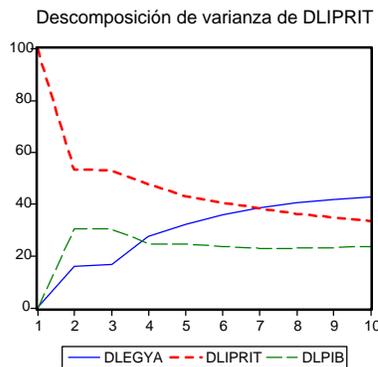
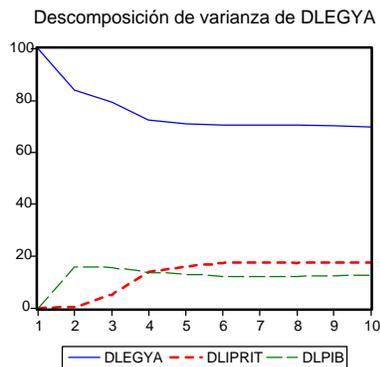
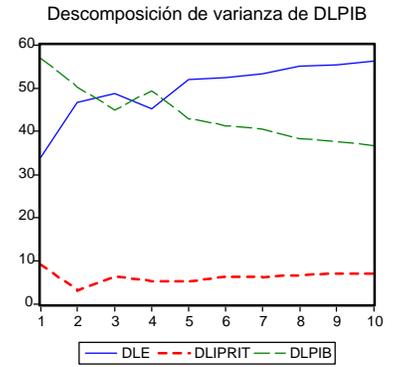
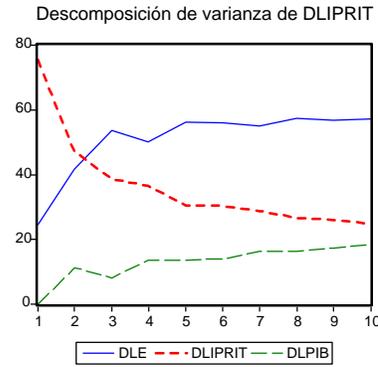
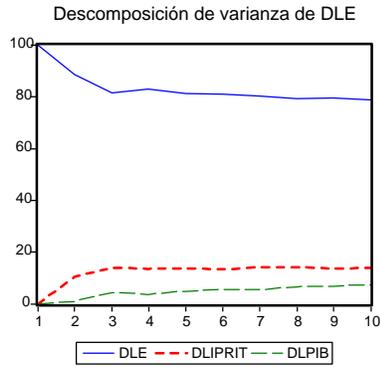
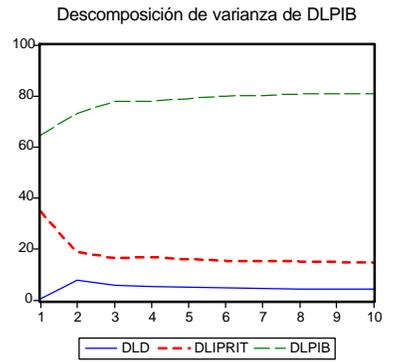
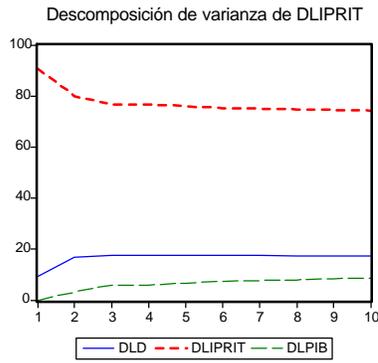
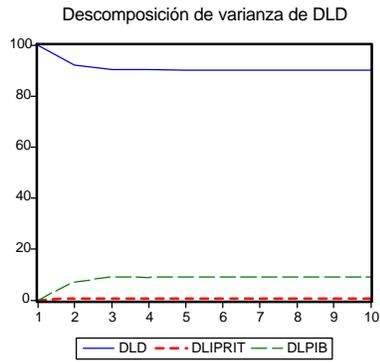
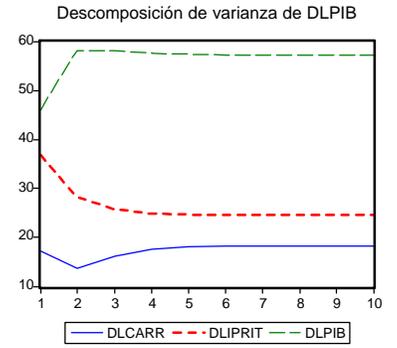
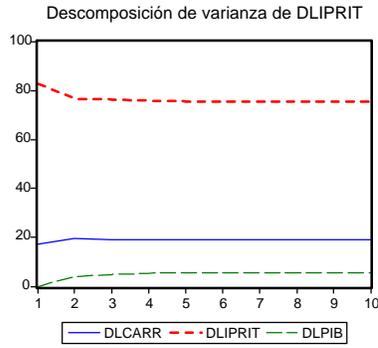
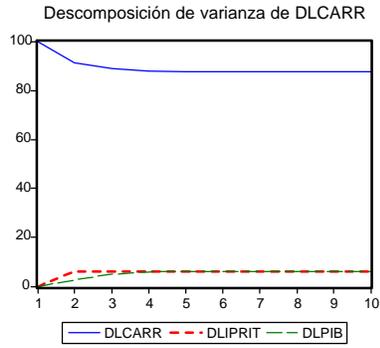


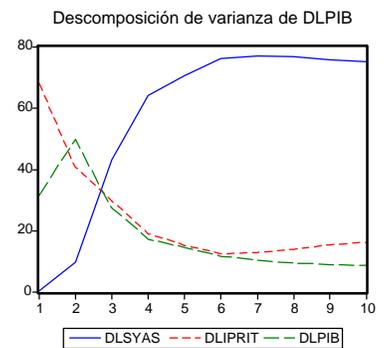
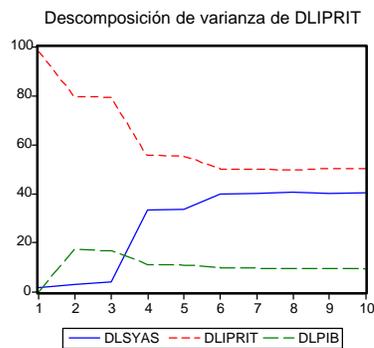
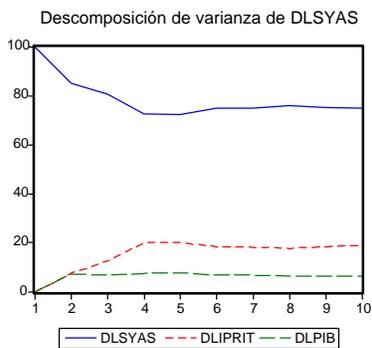
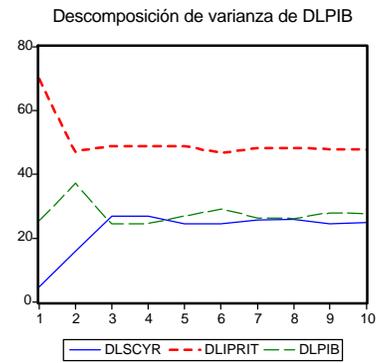
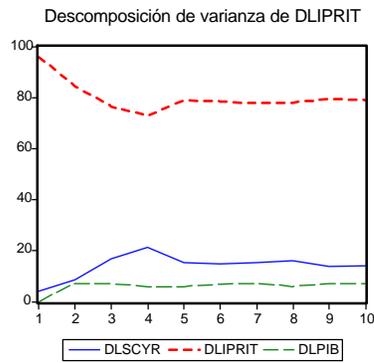
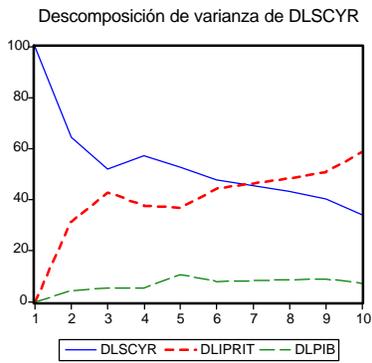
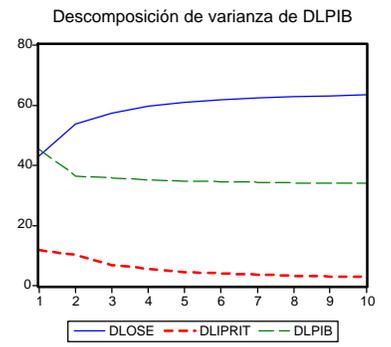
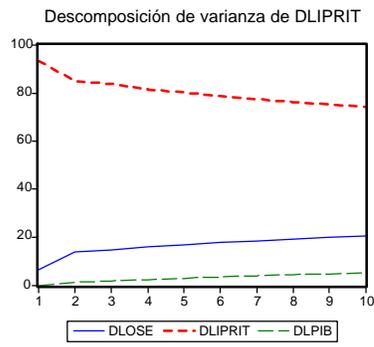
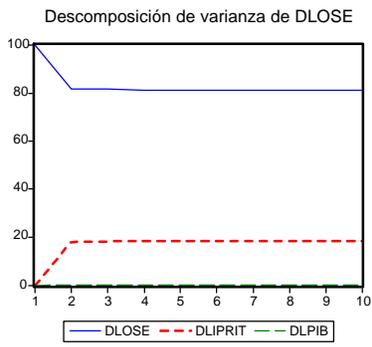
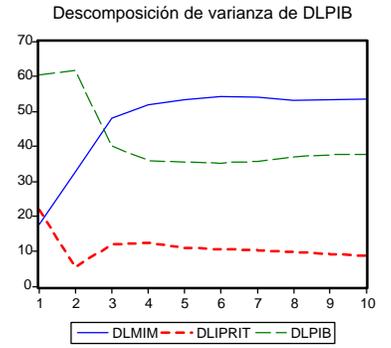
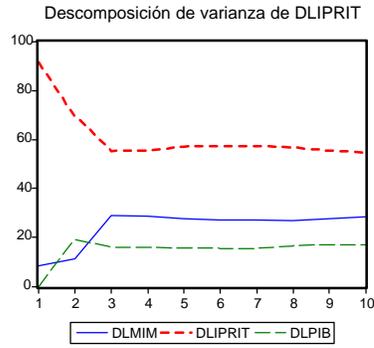
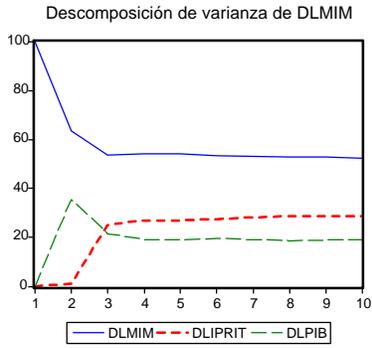
Respuesta de DLPIB a los diferentes shocks

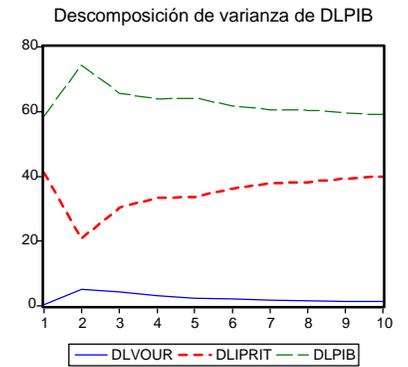
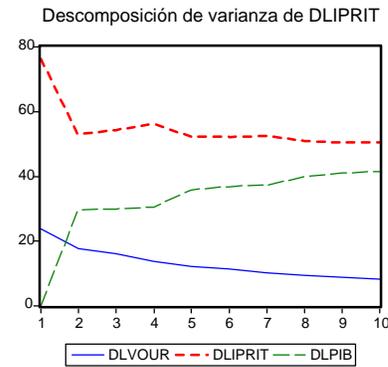
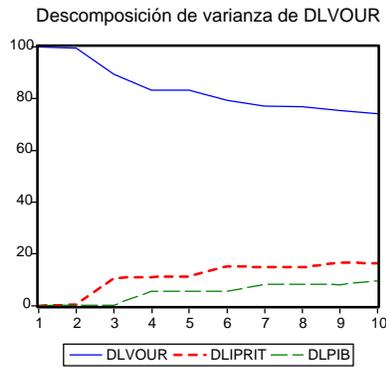
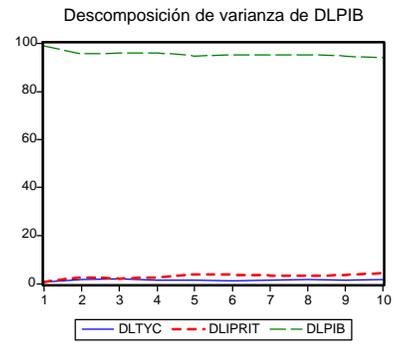
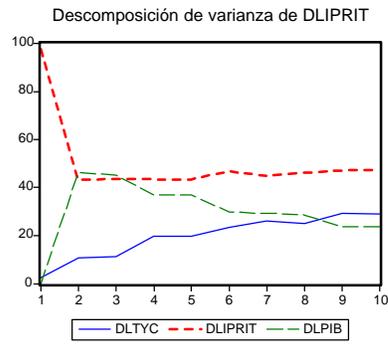
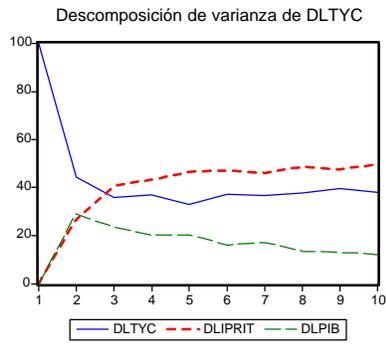
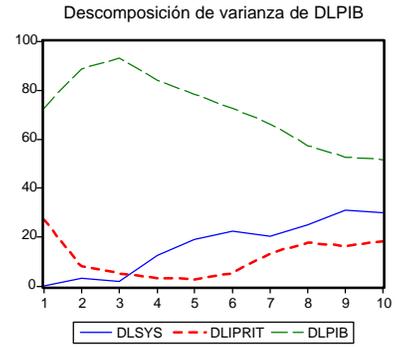
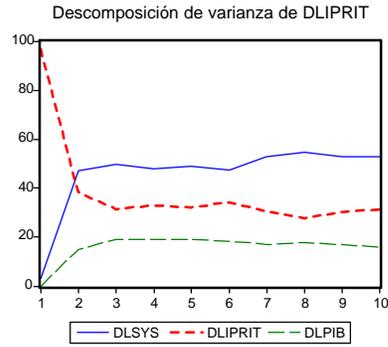
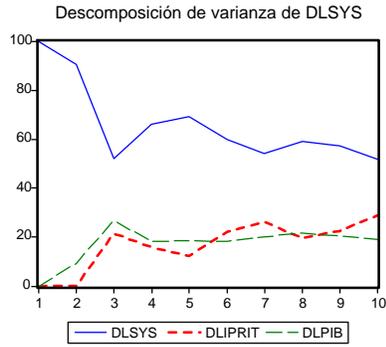


Anexo G: Descomposición de varianza









ARCHIVOS DE ECONOMIA

No	Título	Autores	Fecha
1	La coyuntura económica en Colombia y Venezuela	Andrés Langebaek Patricia Delgado Fernando Mesa Parra	Octubre 1992
2	La tasa de cambio y el comercio colombo-venezolano	Fernando Mesa Parra Andrés Langebaek	Noviembre 1992
3	¿Las mayores exportaciones colombianas de café redujeron el precio externo?	Carlos Esteban Posada Andrés Langebaek	Noviembre 1992
4	El déficit público: una perspectiva macroeconómica	Jorge Enrique Restrepo Juan Pablo Zárate Carlos Esteban Posada	Noviembre 1992
5	El costo de uso del capital en Colombia	Mauricio Olivera	Diciembre 1992
6	Colombia y los flujos de capital privado a América Latina	Andrés Langebaek	Febrero 1993
7	Infraestructura física. “Clubs de convergencia” y crecimiento económico	José Dario Uribe	Febrero 1993
8	El costo de uso del capital: una nueva estimación (Revisión)	Mauricio Olivera	Marzo 1993
9	Dos modelos de transporte de carga por carretera	Carlos Esteban Posada Edgar Trujillo Ciro Alvaro Concha Juan Carlos Elorza	Marzo 1993
10	La determinación del precio interno del café en un modelo de optimización intertemporal	Carlos Felipe Jaramillo Carlos Esteban Posada Edgar Trujillo	Abril 1993
11	El encaje óptimo	Edgar Trujillo Ciro Carlos Esteban Posada	Mayo 1993
12	Crecimiento económico, “Capital humano” y educación: la teoría y el caso colombiano posterior a 1945	Carlos Esteban Posada	Junio 1993
13	Estimación del PIB trimestral según los componentes del gasto	Rafael Cubillos Fanny Mercedes Valderrama	Junio 1993
14	Diferencial de tasas de interés y flujos de capital en Colombia (1980-1993)	Andrés Langebaek	Agosto 1993
15	Empleo y capital en Colombia: nuevas estimaciones (1950-1992)	Adriana Barrios Marta Luz Henao Carlos Esteban Posada Fanny Mercedes Valderrama Diego Mauricio Vásquez	Septiembre 1993
16	Productividad, crecimiento y ciclos en la economía colombiana (1967-1992)	Carlos Esteban Posada	Septiembre 1993

ARCHIVOS DE ECONOMIA

No	Título	Autores	Fecha
17	Crecimiento económico y apertura en Chile y México y perspectivas para Colombia	Fernando Mesa Parra	Septiembre 1993
18	El papel del capital público en la producción, inversión y el crecimiento económico en Colombia	Fabio Sánchez Torres	Octubre 1993
19	Tasa de cambio real y tasa de cambio de equilibrio	Andrés Langebaek	Octubre 1993
20	La evolución económica reciente: dos interpretaciones alternativas	Carlos Esteban Posada	Noviembre 1993
21	El papel de gasto público y su financiación en la coyuntura actual: algunas implicaciones complementarias	Alvaro Zarta Avila	Diciembre 1993
22	Inversión extranjera y crecimiento económico	Alejandro Gaviria Javier Alberto Gutiérrez	Diciembre 1993
23	Inflación y crecimiento en Colombia	Alejandro Gaviria Carlos Esteban Posada	Febrero 1994
24	Exportaciones y crecimiento en Colombia	Fernando Mesa Parra	Febrero 1994
25	Experimento con la vieja y la nueva teoría del crecimiento económico (¿porqué crece tan rápido China?)	Carlos Esteban Posada	Febrero 1994
26	Modelos económicos de criminalidad y la posibilidad de una dinámica prolongada	Carlos Esteban Posada	Abril 1994
27	Regímenes cambiarios, política macroeconómica y flujos de capital en Colombia	Carlos Esteban Posada	Abril 1994
28	Comercio intraindustrial: el caso colombiano	Carlos Pombo	Abril 1994
29	Efectos de una bonanza petrolera a la luz de un modelo de optimización intertemporal	Hernando Zuleta Juan Pablo Arango	Mayo 1994
30	Crecimiento económico y productividad en Colombia: una perspectiva de largo plazo (1957-1994)	Sergio Clavijo	Junio 1994
31	Inflación o desempleo: ¿Acaso hay escogencia en Colombia?	Sergio Clavijo	Agosto 1994
32	La distribución del ingreso y el sistema financiero	Edgar Trujillo Ciro	Agosto 1994
33	La trinidad económica imposible en Colombia: estabilidad cambiaria, independencia monetaria y flujos de capital libres	Sergio Clavijo	Agosto 1994

ARCHIVOS DE ECONOMIA

No	Título	Autores	Fecha
34	¿Déjà vu?: tasa de cambio, deuda externa y esfuerzo exportador en Colombia.	Sergio Clavijo	Mayo 1995
35	La crítica de Lucas y la inversión en Colombia: nueva evidencia	Mauricio Cárdenas Mauricio Olivera	Septiembre 1995
36	Tasa de Cambio y ajuste del sector externo en Colombia	Fernando Mesa Parra Dairo Estrada	Septiembre 1995
37	Análisis de la evolución y composición del Sector Público	Mauricio Olivera G. Manuel Fernando Castro Q. Fabio Sánchez T.	Septiembre 1995
38	Incidencia distributiva del IVA en un modelo del ciclo de vida	Juan Carlos Parra Osorio Fabio José Sánchez T.	Octubre 1995
39	Por qué los niños pobres no van a la escuela? (Determinantes de la asistencia escolar en Colombia)	Fabio Sánchez Torres Jairo Augusto Núñez M.	Noviembre 1995
40	Matriz de Contabilidad Social 1992	Fanny M. Valderrama Javier Alberto Gutiérrez	Diciembre 1995
41	Multiplicadores de Contabilidad Derivados de la Matriz de Contabilidad Social	Javier Alberto Gutiérrez Fanny M. Valderrama G.	Enero 1996
42	El ciclo de referencia de la economía colombiana	Martin Maurer María Camila Uribe S.	Febrero 1996
43	Impacto de las transferencias intergubernamentales en la distribución interpersonal del ingreso en Colombia	Juan Carlos Parra Osorio	Marzo 1996
44	Auge y colapso del ahorro empresarial en Colombia 1983-1994	Fabio Sánchez Torres Guillermo Murcia Guzmán Carlos Oliva Neira	Abril 1996
45	Evolución y comportamiento del gasto público en Colombia 1950-1994	Cielo María Numpaque Ligia Rodríguez Cuestas	Mayo 1996
46	Los efectos no considerados de la apertura económica en el mercado laboral industrial	Fernando Mesa Parra Javier Alberto Gutiérrez	Mayo 1996
47	Un modelo de Financiamiento óptimo de un aumento permanente en el gasto público: Una ilustración con el caso colombiano.	Alvaro Zarta Avila	Junio 1996
48	Estadísticas descriptivas del mercado laboral masculino y femenino en Colombia: 1976 -1995	Rocío Ribero M. Carmen Juliana García B.	Agosto 1996
49	Un sistema de indicadores líderes para Colombia	Martín Maurer María Camila Uribe Javier Birchenall	Agosto 1996

ARCHIVOS DE ECONOMIA

No	Título	Autores	Fecha
50	Evolución y determinantes de la productividad en Colombia: Un análisis global y sectorial	Fabio Sánchez Torres Jorge Iván Rodríguez Jairo Núñez Méndez	Agosto 1996
51	Gobernabilidad y Finanzas Públicas en Colombia	César A. Caballero R	Noviembre 1996
52	Tasas Marginales Efectivas de Tributación en Colombia	Mauricio Olivera G.	Noviembre 1996
53	Un modelo keynesiano para la economía colombiana	Fabio José Sánchez T. Clara Elena Parra	Febrero 1997
54	Trimestralización del Producto Interno Bruto por el lado de la oferta.	Fanny M. Valderrama	Febrero 1997
55	Poder de mercado, economías de escala, complementariedades intersectoriales y crecimiento de la productividad en la industria colombiana.	Juán Mauricio Ramírez	Marzo 1997
56	Estimación y calibración de sistemas flexibles de gasto.	Orlando Gracia Gustavo Hernández	Abril 1997
57	Mecanismos de ahorro e Inversión en las Empresas Públicas Colombianas: 1985-1994	Fabio Sánchez Torres Guillermo Murcia G.	Mayo 1997
58	Capital Flows, Savings and investment in Colombia 1990 -1996	José Antonio Ocampo G. Camilo Ernesto Tovar M.	Mayo 1997
59	Un Modelo de Equilibrio General Computable con Competencia imperfecta para Colombia	Juan Pablo Arango Orlando Gracia Gustavo Hernández Juan Mauricio Ramírez	Junio 1997
60	El cálculo del PIB Potencial en Colombia	Javier A. Birchenall J.	Julio 1997
61	Determinantes del Ahorro de los hogares. Explicación de su caída en los noventa.	Alberto Castañeda C. Gabriel Piraquive G.	Julio 1997
62	Los ingresos laborales de hombres y mujeres en Colombia: 1976-1995	Rocío Ribero Claudia Meza	Agosto 1997
63	Determinantes de la participación laboral de hombres y mujeres en Colombia: 1976-1995	Rocío Ribero Claudia Meza	Agosto 1997
64	Inversión bajo incertidumbre en la Industria Colombiana: 1985-1995	Javier A. Birchenall	Agosto 1997
65	Modelo IS-LM para Colombia. Relaciones de largo plazo y fluctuaciones económicas.	Jorge Enrique Restrepo	Agosto 1997
66	Correcciones a los Ingresos de las Encuestas de hogares y distribución del Ingreso Urbano en Colombia.	Jairo A. Núñez Méndez Jaime A. Jiménez Castro	Septiembre 1997

ARCHIVOS DE ECONOMIA

No	Título	Autores	Fecha
67	Ahorro, Inversión y Transferencias en las Entidades Territoriales Colombianas	Fabio Sánchez Torres Mauricio Olivera G. Giovanni Cortés S.	Octubre 1997
68	Efectos de la Tasa de cambio real sobre la Inversión industrial en un Modelo de transferencia de precios	Fernando Mesa Parra Leyla Marcela Salguero Fabio Sánchez Torres	Octubre 1997
69	Convergencia Regional: Una revisión del caso Colombiano.	Javier A. Birchenall Guillermo E. Murcia G.	Octubre 1997
70	Income distribution, human capital and economic growth in Colombia.	Javier A. Birchenall	Octubre 1997
71	Evolución y determinantes del Ahorro del Gobierno Central.	Fabio Sánchez Torres Ma. Victoria Angulo	Noviembre 1997
72	Macroeconomic Performance and Inequality in Colombia: 1976-1996	Raquel Bernal Mauricio Cárdenas Jairo Núñez Méndez Fabio Sánchez Torres	Diciembre 1997
73	Liberación comercial y salarios en Colombia: 1976-1994	Donald Robbins	Enero 1998
74	Educación y salarios relativos en Colombia: 1976-1995 Determinantes, evolución e implicaciones para la distribución del Ingreso	Jairo Núñez Méndez Fabio Sánchez Torres	Enero 1998
75	La tasa de interés "óptima"	Carlos Esteban Posada Edgar Trujillo Ciro	Febrero 1998
76	Los costos económicos de la criminalidad y la violencia en Colombia: 1991-1996	Edgar Trujillo Ciro Martha Elena Badel	Marzo 1998
77	Elasticidades Precio y Sustitución para la Industria Colombiana	Juán Pablo Arango Orlando Gracia Gustavo Hernández	Marzo 1998
78	Flujos Internacionales de Capital en Colombia: Un enfoque de Portafolio	Ricardo Rocha García Fernando Mesa Parra	Marzo 1998
79	Macroeconomía, ajuste estructural y equidad en Colombia: 1978-1996	José Antonio Ocampo María José Pérez Camilo Ernesto Tovar Francisco Javier Lasso	Marzo 1998
80	La Curva de Salarios para Colombia. Una Estimación de las Relaciones entre el Desempleo, la Inflación y los Ingresos Laborales, 1984- 1996.	Fabio Sánchez Torres Jairo Núñez Méndez	Marzo 1998
81	Participación, Desempleo y Mercados Laborales en Colombia	Jaime Tenjo G. Rocio Ribero M.	Abril 1998

ARCHIVOS DE ECONOMIA

No	Título	Autores	Fecha
82	Reformas comerciales, márgenes de beneficio y productividad en la industria colombiana	Juán Pablo Arango Orlando Gracia Gustavo Hernández Juán Mauricio Ramírez	Abril 1998
83	Capital y Crecimiento Económico en un Modelo Dinámico: Una presentación de la dinámica Transicional para los casos de EEUU y Colombia	Alvaro Zarta Avila	Mayo 1998.
84	Determinantes de la Inversión en Colombia: Evidencia sobre el capital humano y la violencia.	Clara Helena Parra	Junio 1998.
85	Mujeres en sus casas: Un recuento de la población Femenina económicamente activa	Piedad Urdinola Contreras	Junio 1998.
86	Descomposición de la desigualdad del Ingreso laboral Urbano en Colombia: 1976-1997	Fabio Sánchez Torres Jairo Núñez Méndez	Junio 1998.
87	El tamaño del Estado Colombiano Indicadores y tendencias 1976-1997	Angela Cordi Galat	Junio 1998.
88	Elasticidades de sustitución de las importaciones Para la economía colombiana.	Gustavo Hernández	Junio 1998.
89	La tasa natural de desempleo en Colombia	Martha Luz Henao Norberto Rojas	Junio 1998.
90	The role of shocks in the colombian economy	Ana María Menéndez	Julio 1998.
91	The determinants of Human Capital Accumulation in Colombia, with implications for Trade and Growth Theory	Donald J. Robbins	Julio 1998.
92	Estimaciones de funciones de demanda de trabajo dinámicas para la economía colombiana, 1980-1996	Alejandro Vivas Benítez Stefano Farné Dagoberto Urbano	Julio 1998.
93	Análisis de las relaciones entre violencia y equidad	Alfredo Sarmiento Lida Marina Becerra	Agosto 1998.
94	Evaluación teórica y empírica de las exportaciones no tradicionales en Colombia	Fernando Mesa Parra María Isabel Cock Angela Patricia Jiménez	Agosto 1998.
95	Valoración económica del empleo doméstico femenino no remunerado, en Colombia, 1978-1993	Piedad Urdinola Contreras	Agosto 1998.
96	Eficiencia en el Gasto Público de Educación.	María Camila Uribe	Agosto 1998.
97	El desempleo en Colombia: tasa natural, desempleo cíclico y estructural y la duración del desempleo. 1976-1998.	Jairo Núñez M. Raquel Bernal S.	Septiembre 1998.
98	Productividad y retornos sociales del Capital humano: Microfundamentos y evidencia para Colombia.	Francisco A. González R. Carolina Guzmán R. Angela L. Pachón G.	Noviembre 1998.
99	Reglas monetarias en Colombia y Chile	Jorge E. Restrepo L.	Enero 1999.

ARCHIVOS DE ECONOMIA

No	Título	Autores	Fecha
100	Inflation Target Zone: The Case of Colombia 1973-1994	Jorge E. Restrepo L.	Febrero 1999.
101	¿ Es creíble la Política Cambiaria en Colombia?	Carolina Hoyos V.	Marzo 1999.
102	La Curva de Phillips, la Crítica de Lucas y la persistencia de la inflación en Colombia	Javier A. Birchenall	Abril 1999.
103	Un modelo macroeconómico para la economía Colombiana	Javier A. Birchenall Juan Daniel Oviedo	Abril 1999.
104	Una revisión de la literatura teórica y la experiencia Internacional en regulación	Marcela Eslava Mejía	Abril 1999.
105	El transporte terrestre de carga en Colombia Documento para el Taller de Regulación.	Marcela Eslava Mejía Eleonora Lozano Rodríguez	Abril 1999.
106	Notas de Economía Monetaria. (Primera Parte)	Juan Carlos Echeverry G.	Abril 1999.
107	Ejercicios de Causalidad y Exogeneidad para Ingresos salariales nominales públicos y privados Colombianos (1976-1997).	Mauricio Bussolo Orlando Gracia Camilo Zea	Mayo 1999.
108	Real Exchange Rate Swings and Export Behavior: Explaining the Robustness of Chilean Exports.	Felipe Illanes	Mayo 1999.
109	Segregación laboral en las 7 principales ciudades del país.	Piedad Urdinola	Mayo 1999.
110	Estimaciones trimestrales de la línea de pobreza y sus relaciones con el desempeño macroeconómico Colombiano. (1977-1997)	Jairo Núñez Méndez Fabio José Sánchez T.	Mayo 1999
111	Costos de la corrupción en Colombia.	Marta Elena Badel	Mayo 1999
112	Relevancia de la dinámica transicional para el crecimiento de largo plazo: Efectos sobre las tasas de interés real, la productividad marginal y la estructura de la producción para los casos de EEUU y Colombia..	Alvaro Zarta	Junio 1999
113	La recesión actual en Colombia: Flujos, Balances y Política anticíclica	Juan Carlos Echeverry	Junio 1999
114	Monetary Rules in a Small Open Economy	Jorge E. Restrepo L.	Junio 1999
115	El Balance del Sector Público y la Sostenibilidad Fiscal en Colombia	Juan Carlos Echeverry Gabriel Piraquive Natalia Salazar Ma. Victoria Angulo Gustavo Hernández Cielo Ma. Numpaqué Israel Fainboim Carlos Jorge Rodríguez	Junio 1999

ARCHIVOS DE ECONOMIA

No	Título	Autores	Fecha
116	Crisis y recuperación de las Finanzas Públicas. Lecciones de América Latina para el caso colombiano.	Marcela Eslava Mejía	Julio 1999
117	Complementariedades Factoriales y Cambio Técnico en la Industria Colombiana.	Gustavo Hernández Juan Mauricio Ramírez	Julio 1999
118	¿Hay un estancamiento en la oferta de crédito?	Juan Carlos Echeverry Natalia Salazar	Julio 1999
119	Income distribution and macroeconomics in Colombia.	Javier A. Birchenall J.	Julio 1999.
120	Transporte carretero de carga. Taller de regulación. DNP-UMACRO. Informe final.	Juan Carlos Echeverry G. Marcela Eslava Mejía Eleonora Lozano Rodriguez	Agosto 1999.
121	¿ Se cumplen las verdades nacionales a nivel regional? Primera aproximación a la construcción de matrices de contabilidad social regionales en Colombia.	Nelly. Angela Cordi Galat	Agosto 1999.
122	El capital social en Colombia. La medición nacional con el BARCAS Separata N° 1 de 5	John SUDARSKY	Octubre 1999.
123	El capital social en Colombia. La medición nacional con el BARCAS Separata N° 2 de 5	John SUDARSKY	Octubre 1999.
124	El capital social en Colombia. La medición nacional con el BARCAS Separata N° 3 de 5	John SUDARSKY	Octubre 1999.
125	El capital social en Colombia. La medición nacional con el BARCAS Separata N° 4 de 5	John SUDARSKY	Octubre 1999.
126	El capital social en Colombia. La medición nacional con el BARCAS Separata N° 5 de 5	John SUDARSKY	Octubre 1999.
127	The Liquidity Effect in Colombia	Jorge E. Restrepo	Noviembre 1999.
128	Upac: Evolución y crisis de un modelo de desarrollo.	Juan C Echeverry Orlando Gracia B. Piedad Urdinola	Diciembre 1999.
129	Confronting fiscal imbalances via intertemporal Economics, politics and justice: the case of Colombia	Juan C Echeverry Verónica Navas-Ospina	Diciembre 1999.
130	La tasa de interés en la coyuntura reciente en Colombia.	Jorge Enrique Restrepo Edgar Trujillo Ciro	Diciembre 1999.
131	Los ciclos económicos en Colombia. Evidencia Empírica (1977-1998)	Jorge Enrique Restrepo José Daniel Reyes Peña	Enero 2000.
132	Colombia's natural trade partners and its bilateral Trade performance: Evidence from 1960 to 1996	Hernán Eduardo Vallejo	Enero 2000.

ARCHIVOS DE ECONOMIA

No	Título	Autores	Fecha
133	Los derechos constitucionales de prestación y sus Implicaciones económico- políticas. Los casos del derecho a la salud y de los derechos de los reclusos	Luis Carlos Sotelo	Febrero 2000.
134	La reactivación productiva del sector privado colombiano (Documento elaborado para el BID)	Luis Alberto Zuleta	Marzo 2000.
135	Geography and Economic Development: A Municipal Approach for Colombia.	Fabio José Sánchez T. Jairo Núñez Méndez	Marzo 2000.
136	La evaluación de resultados en la modernización del Estado en América Latina. Restricciones y Estrategia para su desarrollo.	Eduardo Wiesner Durán	Abril 2000.
137	La regulación de precios del transporte de carga por Carretera en Colombia.	Marcela Eslava Mejía	Abril 2000.
138	El conflicto armado en Colombia. Una aproximación a la teoría de juegos.	Yuri Gorbaneff Flavio Jácome	Julio 2000.
139	Determinación del consumo básico de agua potable subsidiable en Colombia.	Juan Carlos Junca Salas	Noviembre 2000.
140	Incidencia fiscal de los incentivos tributarios	Juan Ricardo Ortega Gabriel Armando Piraquive Gustavo Adolfo Hernández Carolina Soto Losada Sergio Iván Prada Juan Mauricio Ramirez	Noviembre 2000.
141	Exenciones tributarias: Costo fiscal y análisis de incidencia	Gustavo A. Hernández Carolina Soto Losada Sergio Iván Prada Juan Mauricio Ramirez	Diciembre 2000
142	La contabilidad del crecimiento, las dinámicas transicionales y el largo plazo: Una comparación internacional de 46 países y una presentación de casos de economías tipo: EEUU, Corea del Sur y Colombia.	Alvaro Zarta Avila	Febrero 2001
143	¿Nos parecemos al resto del mundo? El Conflicto colombiano en el contexto internacional.	Juan Carlos Echeverry G. Natalia Salazar Ferro Verónica Navas Ospina	Febrero 2001
144	Inconstitucionalidad del Plan Nacional de Desarrollo: causas, efectos y alternativas.	Luis Edmundo Suárez S. Diego Mauricio Avila A.	Marzo 2001
145	La afiliación a la salud y los efectos redistributivos de los subsidios a la demanda.	Hernando Moreno G.	Abril 2001
146	La participación laboral: ¿qué ha pasado y qué podemos esperar?	Mauricio Santamaría S. Norberto Rojas Delgadillo	Abril 2001
147	Análisis de las importaciones agropecuarias en la década de los Noventa.	Gustavo Hernández Juan Ricardo Perilla	Mayo 2001

ARCHIVOS DE ECONOMIA

No	Título	Autores	Fecha
148	Impacto económico del programa de Desarrollo alternativo del Plan Colombia	Gustavo A. Hernández Sergio Iván Prada Juan Mauricio Ramírez	Mayo 2001
149	Análisis de la presupuestación de la inversión de la Nación.	Ulpiano Ayala Oramas	Mayo 2001
150	DNPENSION: Un modelo de simulación para estimar el costo fiscal del sistema pensional colombiano.	Juan Carlos Parra Osorio	Mayo 2001
151	La oferta de combustible de Venezuela en la frontera con Colombia: una aproximación a su cuantificación	Hernando Moreno G.	Junio 2001
152	Shocks fiscales y términos de intercambio en el caso colombiano.	Ómer ÖZAK MUÑOZ.	Julio 2001
153	Demanda por importaciones en Colombia: Una estimación.	Igor Esteban Zuccardi	Julio 2001
154	Elementos para mejorar la adaptabilidad del mercado laboral colombiano.	Mauricio Santa María S. Norberto Rojas Delgadillo	Agosto 2001
155	¿Qué tan poderosas son las aerolíneas colombianas? Estimación de poder de mercado de las rutas colombianas.	Ximena Peña Parga	Agosto 2001
156	Elementos para el debate sobre una nueva reforma pensional en Colombia.	Juan Carlos Echeverry Andrés Escobar Arango César Merchán Hernández Gabriel Piraquive Galeano Mauricio Santa María S.	Septiembre 2001
157	Agregando votos en un sistema altamente desistitucionalizado.	Francisco Gutiérrez Sanín	Octubre 2001
158	Eficiencia -X en el Sector Bancario Colombiano	Carlos Alberto Castro I	Noviembre 2001
159	Determinantes de la calidad de la educación en Colombia.	Alejandro Gaviria Jorge Hugo Barrientos	Noviembre 2001
160	Evaluación de la descentralización municipal. Descentralización y macroeconomía	Fabio Sánchez Torres	Noviembre 2001
161	Impuestos a las transacciones: Implicaciones sobre el bienestar y el crecimiento.	Rodrigo Suescún	Noviembre 2001
162	Strategic Trade Policy and Exchange Rate Uncertainty	Fernando Mesa Parra	Noviembre 2001
163	Evaluación de la descentralización municipal en Colombia. Avances y resultados de la descentralización Política en Colombia	Alberto Maldonado C.	Noviembre 2001
164	Choques financieros, precios de activos y recesión en Colombia.	Alejandro Badel Flórez	Noviembre 2001

ARCHIVOS DE ECONOMIA

No	Título	Autores	Fecha
165	Evaluación de la descentralización municipal en Colombia. ¿Se consolidó la sostenibilidad fiscal de los municipios colombianos durante los años noventa.	Juan Gonzalo Zapata Olga Lucía Acosta Adriana González	Noviembre 2001
166	Evaluación de la descentralización municipal en Colombia. La descentralización en el Sector de Agua potable y Saneamiento básico.	Maria Mercedes Maldonado Gonzalo Vargas Forero	Noviembre 2001
167	Evaluación de la descentralización municipal en Colombia. La relación entre corrupción y proceso de descentralización en Colombia.	Edgar González Salas	Diciembre 2001
168	Evaluación de la descentralización municipal en Colombia. Estudio general sobre antecedentes, diseño, avances y resultados generales del proceso de descentralización territorial en el Sector Educativo.	Carmen Helena Vergara Mary Simpson	Diciembre 2001
169	Evaluación de la descentralización municipal en Colombia. Componente de capacidad institucional.	Edgar González Salas	Diciembre 2001
170	Evaluación de la descentralización municipal en Colombia. Evaluación de la descentralización en Salud en Colombia.	Iván Jaramillo Pérez	Diciembre 2001
171	External Trade, Skill, Technology and the recent increase of income inequality in Colombia	Mauricio Santa María S.	Diciembre 2001
172	Seguimiento y evaluación de la participación de los resguardos indígenas en los ingresos corrientes de la Nación para el período 1998 y 1999.	Dirección de Desarrollo Territorial	Diciembre 2001
173	Exposición de Motivos de la Reforma de la Ley 60 de 1993. Sector Educación y Sector Salud	Dirección de Desarrollo Social	Diciembre 2001
174	Transferencias, incentivos y la endogenidad del gasto Territorial. Seminario internacional sobre Federalismo fiscal - Secretaría de Hacienda de México, CEPAL, ILPES, CAF - Cancún, México. 18-20 de Mayo de 2000	Eduardo Wiesner Durán	Enero 2002.
175	Cualificación laboral y grado de sindicalización	Flavio Jácome Liévano	Enero 2002.
176	OFFSETS: Aproximación teórica y experiencia Internacional.	Nohora Eugenia Posada Yaneth Cristina Giha Tovar Paola Buendía García Alvaro José Chávez G.	Febrero 2002.
177	Pensiones: conceptos y esquemas de financiación	César Augusto Merchán H.	Febrero 2002.
178	La erradicación de las minas antipersonal sembradas en Colombia - Implicaciones y costos-	Yilberto Lahuerta P. Ivette María Altamar	Marzo 2002.
179	Economic growth in Colombia: A reversal of "Fortune"?	Mauricio Cárdenas S.	Marzo 2002.
180	El siglo del modelo de desarrollo.	Juan Carlos Echeverry G	Abril 2002.

ARCHIVOS DE ECONOMIA

No	Título	Autores	Fecha
181	Metodología de un Modelo ARIMA condicionado para el pronóstico del PIB.	Juan Pablo Herrera S. Gustavo A. Hernández D.	Abril 2002.
182	¿Cuáles son los colombianos con pensiones privilegiadas?	César Augusto Merchán H.	Abril 2002.
183	Garantías en carreteras de primera generación. Impacto económico.	José Daniel Reyes Peña.	Abril 2002
184	Impacto económico de las garantías de la Nación en proyectos de infraestructura.	José Daniel Reyes Peña.	Abril 2002
185	Aproximación metodológica y cuantitativa de los costos económicos generados por el problema de las drogas ilícitas en Colombia (1995 - 2000)	Ricardo Pérez Sandoval Andrés Vergara Ballén Yilberto Lahuerta P	Abril 2002
186	Tendencia, ciclos y distribución del ingreso en Colombia: una crítica al concepto de "modelo de desarrollo"	Juan Carlos Echeverry G. Andrés Escobar Arango Mauricio Santa María S.	Abril 2002.
187	Crecimiento y ciclos económicos. Efectos de los choques de oferta y demanda en el crecimiento colombiano.	Igor Esteban Zuccardi H.	Mayo 2002.
188	A general equilibrium model for tax policy analysis in Colombia. The MEGATAX model.	Thomas F. Rutherford. Miles K. Light	Mayo 2002.
189	A dynamic general equilibrium model for tax policy analysis in Colombia.	Thomas F. Rutherford. Miles K. Light Gustavo Hernández	Mayo 2002.
190	Sistema Bancario Colombiano: ¿Somos eficientes a nivel internacional?	Alejandro Badel Flórez.	Junio 2002.
191	Política para mejorar el servicio de transporte Público urbano de pasajeros.	DNP: DIE- GEINF	Junio 2002.
192	Two decades of economic and social development in urban Colombia: a mixed outcome	Carlos Eduardo Vélez Mauricio Santa María, Natalia Millán Bénédicte De La Brière World Bank (LAC/PREM)	Junio 2002.
193	¿Cuáles colegios ofrecen mejor educación en Colombia?	Jairo Núñez Roberto Steiner Ximena Cadena Renata Pardo CEDE, U. de los Andes	Junio 2002.

ARCHIVOS DE ECONOMIA

No	Título	Autores	Fecha
194	Nuevos enfoques de política regional en América Latina: El caso de Colombia en perspectiva histórica. Las nuevas teorías y enfoques conceptuales sobre el desarrollo regional. ¿Hacia un nuevo paradigma? Separata 1 de 7	Edgard Moncayo J.	Julio 2002.
195	Nuevos enfoques de política regional en América Latina: El caso de Colombia en perspectiva histórica. Las políticas regionales: Un enfoque por generaciones Separata 2 de 7	Edgard Moncayo J.	Julio 2002.
196	Nuevos enfoques de política regional en América Latina: El caso de Colombia en perspectiva histórica. Un mundo de geometría variable: Los territorios que ganan y los que pierden. Separata 3 de 7	Edgard Moncayo J.	Julio 2002.
197	Nuevos enfoques de política regional en América Latina: El caso de Colombia en perspectiva histórica. Enfoques teóricos y evidencias empíricas sobre el desarrollo regional en Colombia. Separata 4 de 7	Edgard Moncayo J.	Julio 2002.
198	Nuevos enfoques de política regional en América Latina: El caso de Colombia en perspectiva histórica. Las políticas regionales en Colombia. Separata 5 de 7	Edgard Moncayo J.	Julio 2002.
199	Nuevos enfoques de política regional en América Latina: El caso de Colombia en perspectiva histórica. Tendencias del desarrollo regional en Colombia. -Polarización, apertura y conflicto- Separata 6 de 7	Edgard Moncayo J.	Julio 2002.
200	Nuevos enfoques de política regional en América Latina: El caso de Colombia en perspectiva histórica. Marco conceptual y metodológico para el diseño de una nueva generación de políticas de desarrollo regional en Colombia. Separata 7 de 7	Edgard Moncayo J.	Julio 2002.

ARCHIVOS DE ECONOMIA

No	Título	Autores	Fecha
201	Viabilidad de los servicios públicos domiciliarios en la ciudad de Santiago de Cali.	Mauricio Santa María Francisco Bernal Carlos David Beltrán David Villalba	Agosto 2002
202	Optimal enforcement: Finding the right balance	Jaime Andrés Estrada	Agosto 2002
203	Does corporate governance matter for developing countries? An overview of the Mexican case.	Paula Acosta Márquez	Agosto 2002
204	Reflexiones sobre el proceso de paz del gobierno de Andrés PASTRANA y las FARC-Ep (1998-2002)	Camilo Leguízamo	Agosto 2002
205	Contratación pública en Colombia y teoría Económica.	Yuri Gorbaneff	Septiembre 2002.
206	Does planning pay to perform in infrastructure? Deconstructing the babylon tower on the planning/ performance relationships in energy, telecommunications and transport sectors – colombian case.	Daniel Torres Gracia	Septiembre 2002.
207	A dynamic analysis of household decision making in urban Colombia, 1976-1998 Changes in household structure, human capital and its returns, and female labor force participation .	Fabio Sánchez Torres Jairo Núñez Méndez	Octubre 2002.
208	Inversión pública sectorial y crecimiento Económico: Una aproximación desde la Metodología VAR.	Alvaro A. Perdomo S.	Octubre 2002.