

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA.
UNAN-LEON.
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y EMPRESARIALES.



**IMPACTOS DE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO SOBRE EL PIB REAL,
GASTO DE CONSUMO PERSONAL REAL, INVERSIÓN BRUTA REAL Y LA
POLÍTICA MONETARIA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, EN EL
PERÍODO COMPRENDIDO DEL TERCER TRIMESTRE DE 1955 AL
SEGUNDO TRIMESTRE DE 2006.**

Tesis monográfica presentada como requisito para optar al grado de
Licenciado en Economía

Por:

Br. Alfredo Ibrahim Flores Sarria

TUTOR:

MSc. Noel Varela Quintana. UNAN – León.

ASESORES:

Dr. Róger Cerda. RAC International.

MA. Martín Francos Rodríguez. PUCMM.

Mayo 2007
León, Nicaragua.

INDICE.

| | Página |
|--|--------|
| Resumen..... | 3 |
| Objetivo general..... | 4 |
| Objetivos específicos..... | 5 |
| Hipótesis..... | 6 |
| Justificación..... | 7 |
| I. Introducción..... | 8 |
| II. Antecedentes..... | 10 |
| III. Marco teórico..... | 12 |
| IV. Descripción de las variables y de la técnica a utilizar..... | 18 |
| V. Construcción, uso y evaluación del modelo..... | 24 |
| VI. Conclusiones..... | 44 |
| Bibliografía..... | 45 |
| Anexo I..... | 47 |
| Anexo II..... | 55 |
| Anexo III..... | 56 |

RESUMEN.

Flores Sarria, Alfredo Ibrahim. (2007). Impacto de los precios del petróleo sobre el PIB real, Gasto de consumo personal real, Inversión bruta real y la Política monetaria de Estados Unidos de América, en el período comprendido del tercer trimestre de 1955 al segundo trimestre de 2006.

En este estudio se emplea la metodología de los vectores autorregresivos (VAR's) para analizar los impactos que tiene sobre la actividad económica agregada los incrementos en los precios del petróleo, así como también para examinar la postura que adopta la autoridad monetaria ante un shock petrolero y para realizar pronósticos ex post. A fin de analizar las interacciones dinámicas entre las variables involucradas, utilizamos pruebas de causalidad a la Granger, funciones impulso – respuesta y descomposición de la varianza del error de predicción. Se concluye que los shocks en los precios del petróleo retardan la actividad económica agregada y que la política monetaria no es neutral ante un shock petrolero.

Palabras clave: Vectores autorregresivos (VAR's), causalidad a la Granger, impulso – respuesta, descomposición de la varianza del error de predicción, shock petrolero, no neutralidad de la política monetaria.

OBJETIVO GENERAL:

- Analizar los efectos de las variaciones de los precios del petróleo sobre las variables macroeconómicas: PIB real, Gasto de consumo personal real, Inversión privada bruta real y la Política monetaria de Estados Unidos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Describir el comportamiento de las variables macroeconómicas PIB real, Gasto de consumo personal e Inversión privada bruta.
- Determinar la magnitud, simetría y la duración de los efectos de las perturbaciones.
- Realizar pronósticos dinámicos con la metodología de los Vectores Autorregresivos (VAR`s).

HIPOTESIS.

Sean $Y_r, C_r, I_r, r, roil$ el PIB real, gasto de consumo personal real, gasto de inversión privada bruta real, tasa de interés real y precios reales del petróleo respectivamente, entonces:

$$H_1: \uparrow roil \Rightarrow \uparrow r$$

$$H_2: (\uparrow roil \cup \uparrow r) \Rightarrow \downarrow Y_r$$

$$(\uparrow roil \cup \uparrow r) \Rightarrow \downarrow C_r$$

$$(\uparrow roil \cup \uparrow r) \Rightarrow \downarrow I_r$$

$$H_3: \text{Impactos en } \uparrow roil > \text{impactos en } \uparrow r \quad \forall \{Y_r, C_r, I_r\}.$$

JUSTIFICACION.

Esta investigación se justifica plenamente si se observa que la economía estadounidense es altamente industrializada. Por ende, intensiva en el uso de petróleo. Los agentes económicos y los formuladores de políticas (policymakers), necesitan conocer el comportamiento de las variaciones de los precios del petróleo, debido a la relación de causalidad existente entre el petróleo y la economía.

Las variables que se consideraron para realizar este trabajo son: el PIB real, el gasto de consumo personal real, la inversión privada bruta real y las tasas efectivas reales de interés de los fondos de la FED (como un instrumento de política monetaria).

Se tomó en cuenta el PIB real, para analizar el impacto que tiene una perturbación de la oferta agregada como las variaciones de los precios del petróleo sobre el ciclo económico. Consideramos el gasto de consumo personal, porque representa en los Estados Unidos más del 60% de la demanda agregada, en otras palabras, más que todos los demás sectores en su conjunto. Incluimos el gasto de inversión privada bruta porque es un componente de la demanda agregada muy variable, y por consiguiente, es responsable de una gran parte de las oscilaciones que experimenta el PIB a lo largo del ciclo económico. Por otra parte, es meritorio recordar, que el gasto de inversión privada bruta es el vínculo principal por medio del cual la política monetaria (a través de los tipos de interés) influye sobre la economía.

Finalmente se ha decidido incluir en este análisis la tasa efectiva real de los fondos de la FED para conocer la postura que adoptan las autoridades monetarias ante los incrementos en los precios del petróleo.

Para estudiar la respuesta conjunta de variables macroeconómicas PIB, consumo, inversión, tasas de interés y precios del petróleo; se puede construir un modelo estructural de ecuaciones simultáneas. Donde las relaciones específicas entre las variables son fundamentadas en la teoría económica. No obstante, la teoría económica puede que muchas veces no sea suficiente para especificar correctamente el modelo.

Por tal razón, usaremos un enfoque alternativo al modelo de ecuaciones simultáneas que se denomina Autorregresiones Vectoriales (VAR`s).

El uso de esta técnica, nos permitirá determinar la respuesta conjunta de las variables macroeconómicas y de la política monetaria ante cambios en los precios del petróleo. Así como también nos permitirá elaborar pronósticos dinámicos de corto plazo.

I. INTRODUCCION.

Los incrementos en los precios del petróleo han contribuido significativamente y/o han causado cada una de las recesiones sufridas por la economía de Estados Unidos (y por las economías de muchos países del Mundo) de los últimos treinta años. Se pueden destacar los siguientes eventos:

- a. La recesión de 1974 – 1975 que fue estimulada por una triplicación en los precios del petróleo seguido de la guerra del Yom Kippur (Ramadán) y un posterior embargo de la OPEP.
- b. La recesión de 1979 – 1980 que fue resultado de incrementos sostenidos en los precios del petróleo y de la revolución iraní.
- c. La recesión de 1989 – 1990 que fue parcialmente causada por incrementos en los precios del petróleo que se dieron luego de la invasión de Irak a Kuwait.
- d. La recesión de 2001 que fue causada de forma parcial por los incrementos sostenidos en los precios del petróleo en el 2000 que sucedieron por la crisis energética de California y por las tensiones en el Medio Oriente (el advenimiento de una segunda intifada).

En la siguiente tabla, se muestran las alteraciones que causaron algunos de estos eventos en la oferta mundial del petróleo y su repercusión sobre la economía estadounidense:

Alteraciones exógenas en la oferta mundial de petróleo

| Fecha | Evento | Caída en la producción mundial | Caída en el PIB real de USA |
|----------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Nov,1973 | Guerra Árabe-Israelí | -7,80% | -3,20% |
| Nov,1978 | Revolución iraní | -8,90% | -0,60% |
| Ago.1990 | Guerra del Golfo Pérsico | -8,80% | -0,10% |

Fuente: Hamilton (2003).

Como puede observarse, existe una vinculación muy marcada entre el petróleo y las recesiones sufridas por la economía estadounidense. Los Estados Unidos poseen una de las economías más altamente industrializadas del Mundo, sin embargo, son un país importador neto de petróleo a nivel mundial.

El presente trabajo intenta estudiar los impactos de los precios del petróleo sobre el PIB real, el gasto de consumo personal real y el gasto de inversión privada bruta real. Así como también sobre las tasas de interés que son un instrumento de política monetaria que utiliza la FED a fin de mitigar los efectos que producen los incrementos en los precios del petróleo sobre la actividad económica agregada.

El desarrollo de este trabajo, es como sigue: en la Parte II, se describen los antecedentes de esta investigación. La parte III aborda los principales desarrollos en materia de teoría económica y las nuevas formas funcionales que han propuesto los econométricos para explicar la relación entre el petróleo y la economía.

En la parte IV se describe la técnica que se utiliza para construir el modelo econométrico que nos permitirá evaluar los impactos de los precios del petróleo sobre la economía así como también se describen las variables que se incorporan a tal modelo.

En la parte V construimos, evaluamos y usamos el modelo para fines de pronósticos y de simulación.

Y finalmente, en la parte VI, se presentan las conclusiones obtenidas a partir de este trabajo y señalamos las limitaciones del mismo.

II. ANTECEDENTES.

De las diez recesiones que ha sufrido la economía estadounidense desde la Segunda Guerra Mundial, nueve de ellas fueron precedidas por saltos pronunciados en los precios del petróleo.

Hamilton (1983), en un estudio que se consideró trascendental, utilizó pruebas de causalidad a la Granger¹ con la finalidad de demostrar la hipótesis de que los cambios en los precios del petróleo habían sido una causa de los cambios en el PIB y en otras variables macroeconómicas a lo largo del período de posguerra. A continuación, se reportan sus pruebas de causalidad relacionando los cambios en los precios del petróleo ΔP_t con los cambios porcentuales (en logaritmos) del PIB real $\log\left(\frac{PIB_t}{PIB_{t-1}}\right)$. Utilizando el método de los mínimos cuadrados ordinarios, Hamilton ejecutó la siguiente regresión:

$$z_t = a_0 + a_1 z_{t-1} + \dots + a_m z_{t-m} + b_1 x_{t-1} + \dots + b_m x_{t-m} + \varepsilon_t$$

Estableciendo primero: $x_t = \log\left(\frac{PIB_t}{PIB_{t-1}}\right)$, $z_t = \Delta P_t$ y luego viceversa. Los resultados para dos muestras anteriores al año 1973 (datos con periodicidad trimestral), primero usando $m = 4$ rezagos y luego $m = 8$, se muestran de la siguiente manera:

| H ₀ | m = 4, N = 95 (1949:II – 1972:IV) | | m=8, N = 91 (1950:II – 1972:IV) | |
|--|--------------------------------------|--------|------------------------------------|-------|
| | F(4,86) | p | F(8,74) | p |
| $H_a : PIB \nrightarrow \text{Petróleo}$ | 0.58 | 0.68 | 0.71 | 0.68 |
| $H_b : \text{Petróleo} \nrightarrow PIB$ | 5.55 | 0.0005 | 3.28 | 0.003 |

Podemos observar, que la hipótesis H_b de que los cambios en los precios del petróleo no causan los cambios del PIB es fuertemente rechazada en ambos casos. En cambio, la hipótesis H_a de que los cambios del PIB no causan los cambios en los precios del petróleo no puede rechazarse. Precisamente, es a raíz de este estudio donde se establece una relación fuerte entre el petróleo y la economía.

Mork (1989), afirma que solamente los incrementos en el precio del petróleo tienen un efecto significativo sobre la producción agregada, cuando el precio del petróleo decrece, los efectos son insignificantes. En sus análisis, este autor encontró que un incremento en los precios del petróleo del 10%, reduce el crecimiento del PIB en 0.7% sobre el siguiente año.

Mehra, Petersen (2005); encuentran evidencias empíricas de una relación no lineal entre los cambios en los precios del petróleo y el crecimiento en el gasto real de consumo.

Bernanke (1983), muestra en sus análisis que cuando las empresas se enfrentan a una crecida incertidumbre sobre el futuro de los precios del petróleo, posponen el gasto de inversión. Por lo que los niveles de inversión privada bruta se ven reducidos.

Con respecto al consumo, Hamilton (2003), tiene un argumento similar, y expresa que cuando los consumidores se enfrentan a una crecida incertidumbre sobre el futuro de los precios del petróleo, posponen las compras de aquellos bienes de consumo intensivos en el uso de energía.

Huntington (2004), en sus investigaciones, muestra que el efecto de los precios del petróleo sobre la economía está en dependencia de la cantidad de petróleo que dicha economía utilice.

Parkin (1995), documenta que los años 1979 a 1981, no fueron sobresalientes para la economía estadounidense. Esto se debió en parte a que la actividad económica agregada tuvo que soportar una serie de incrementos sostenidos en los precios del petróleo en 1979 y posteriormente durante 1980 y 1981. Estas grandes y continuas alzas en los precios del petróleo sometieron a la economía de Estados Unidos a una gran tensión, debido a que si bien es cierto la actividad económica se encontraba retardada, el nivel de precios en cambio durante esos años aumentó cerca del 10%². Ansiosa de controlar la inflación, la FED (presidida en ese entonces por Paul Volker), aplicó una restricción monetaria forzando al alza en las tasas de interés, lo que provocó una disminución en los niveles de inversión y un aumento de la brecha recesiva³.

1. En la sección: Construcción, evaluación y uso del modelo abordaremos más ampliamente en qué consisten las pruebas de causalidad a la Granger.

2. Es decir, produjo un efecto estanflacionario.

3. La literatura económica actual denomina a estas medidas como cambios inducidos en la política monetaria debido a un shock petrolero.

III. MARCO TEORICO.

En esta sección abordaremos los principales canales que han sido propuestos por los economistas para cuantificar la relación inversa entre los movimientos en los precios del petróleo y la actividad económica agregada. Los canales que examinamos son: El enfoque clásico de una perturbación de la oferta agregada, las transferencias de ingresos de los países importadores de petróleo hacia los países exportadores de petróleo, el efecto de los saldos monetarios reales y el papel de la política monetaria.

Por otra parte, se analiza la respuesta asimétrica de la economía ante cambios en los precios del petróleo y las formas funcionales que han sido propuestas recientemente por los econométricos para explicar de una manera más robusta la relación precios del petróleo – PIB.

- Enfoque clásico de una perturbación de la oferta agregada:

Al darse un incremento en los precios del petróleo, el crecimiento del PIB se ve disminuido a como también la productividad. Al producirse una disminución en la productividad, disminuyen los salarios reales y se incrementa la tasa natural de desempleo (es decir aquella tasa de desempleo no aceleradora de la inflación).

Si los consumidores esperan que el incremento en los precios del petróleo sea de tipo temporal, es decir si esperan que los efectos a corto plazo sean mayores que los de largo plazo, aumentarán su consumo ahorrando menos o pidiendo prestado más. Lo que producirá un aumento de la tasa de interés real de equilibrio.

Ya que en el corto plazo los salarios son rígidos, la reducción en el crecimiento del PIB conducirá a un incremento en la tasa de desempleo y a una mayor reducción en el crecimiento del PIB^{1, 2} a menos que la inflación esperada se incremente en un monto mayor que en lo que el crecimiento del PIB disminuye.

- Transferencias de ingreso y demanda agregada:

La transferencia del poder de compra de los países importadores de petróleo hacia los países exportadores de petróleo reduce la demanda del consumidor en los países importadores e incrementa la demanda del consumidor en los países exportadores, sin embargo el incremento en la demanda del consumidor en los países exportadores es menor que la reducción de la demanda del consumidor en los países importadores.

A nivel global, la demanda mundial de bienes producidos en los países importadores de petróleo se reduce y la oferta mundial de ahorros se incrementa.

- Efecto de los saldos monetarios reales:

El efecto de los saldos monetarios reales fue la primera explicación de cómo un shock en los precios del petróleo afecta la actividad económica agregada³. Es una consecuencia directa del enfoque clásico de una perturbación de la oferta que se mencionó anteriormente. Un incremento en los precios del petróleo conducirá a un incremento en la demanda de dinero⁴, lo que tendrá como consecuencia directa un incremento en las tasas de interés y un retardo en el crecimiento económico.

La demanda de dinero se ve incrementada por el hecho de que una perturbación de la oferta tiene efectos estanflacionarios (inflación y recesión de manera simultánea) y para hacer frente al incremento que se da en el nivel general de precios los agentes económicos demandan más dinero para realizar sus transacciones.

- El papel de la política monetaria:

Históricamente, la formulación de una política efectiva para responder a los shocks en los precios del petróleo ha sido muy difícil. La política monetaria (o fiscal) expansionista incrementa la demanda agregada y por lo tanto la presión inflacionaria. Normalmente en las recesiones, la política fiscal y monetaria puede seguramente llegar a ser expansionista sin desencadenar un incremento significativo en la inflación debido a que la caída en la demanda agregada reduce la presión inflacionaria. Sin embargo, en los shocks petroleros, los formuladores de políticas (policymakers) tienen que tratar simultáneamente con la caída de la actividad económica y con el aumento en el nivel general de precios⁵.

Otra razón por la cual la política económica ha sido incapaz de prevenir los shocks petroleros que conducen históricamente hacia las recesiones es porque los cambios en la política económica son entorpecidos por rezagos en el reconocimiento de dicha política por parte de los agentes económicos, en su implementación y su efectividad. Debido a que los shocks petroleros son normalmente eventos impredecibles, la política económica no puede adelantarse para prevenir una recesión.

Aunque la política monetaria fue prominente en las explicaciones iniciales de cómo los shocks en los precios del petróleo afectan la actividad económica real, fue sustituida gradualmente por la teoría de los ciclos económicos reales⁶.

No obstante, un cambio estructural en la relación entre los precios del petróleo y la economía (del cual hablaremos más adelante) que se dio durante las décadas de los 80 y los 90 condujo a los investigadores a cuestionar a los modelos basados en el enfoque clásico de una perturbación de la oferta y probaron otros canales por medio de los cuales el petróleo afecta la economía. Los cambios inducidos en la política monetaria fue uno de dichos canales.

A manera de ejemplo, podemos citar las siguientes actuaciones de la autoridad monetaria a la hora de formular sus políticas para encarar un shock petrolero⁷:

Si las autoridades monetarias actúan para mantener el crecimiento del PIB nominal constante, la tasa de inflación se acelerará a la misma tasa a la cual el crecimiento del PIB real disminuye. A tal punto que hay una ilusión monetaria (u otras imperfecciones del mercado), una política monetaria acomodaticia (restrictiva) compensará (intensificará) la baja en el PIB real mientras incrementa (reduce) la presión inflacionaria. Sin embargo, en ausencia de una ilusión monetaria (o de otras imperfecciones del mercado), la política monetaria alimentará directamente a los cambios en la inflación sin efectos reales.

Si los shocks en los precios del petróleo aumentan la tasas reales de interés (a como se ha venido mencionando), la velocidad del dinero se incrementará, y las autoridades monetarias tendrán que reducir la tasa de crecimiento de los agregados monetarios a través de mayores incrementos en las tasas de interés a fin de mantener la tasa de crecimiento del PIB nominal constante. Ahora bien, si las autoridades monetarias mantienen constante la tasa de crecimiento de los agregados monetarios mientras su velocidad incrementa, el crecimiento del PIB nominal se acelerará y la inflación se elevará en un monto mayor a lo que el crecimiento del PIB se retarda. Otro curso de acción sería que la autoridad monetaria actuara para mantener las tasas de interés constantes, entonces el crecimiento de los agregados monetarios se aceleraría, y la tasa de inflación se vería nuevamente incrementada. Si la autoridad monetaria actúa para mantener constante la tasa de interés real, se acelerará el crecimiento de los agregados monetarios al igual que la tasa de interés.

Autores como Bernanke, Gertler y Watson (1997)⁸ muestran que la economía estadounidense responde de una forma diferente a los shocks petroleros cuando la tasa de los fondos de la FED está restringida a ser constante que en el caso de una política monetaria irrestricta. En el caso irrestricto, u incremento positivo en los precios del petróleo conduce a un aumento en la tasa de los fondos de la FED y a un descenso en el PIB real. En el caso restringido (cuando la tasa de los fondos de la FED es constante), una disminución en los precios del petróleo conduce a un incremento en el PIB real.

Si se define la política monetaria neutral como el caso restringido, estos autores argumentan que la política monetaria no ha sido neutral en respuesta a los precios del petróleo.

1. Se debe recordar la ley de Okun que expresa que por cada punto porcentual de incremento en el desempleo, se reduce la producción agregada en 2.5%

2. Nótese que la reducción inicial en el crecimiento del PIB está acompañada por una reducción en la productividad del trabajo. A no ser que los salarios reales desciendan tanto como la reducción en la productividad del trabajo, las empresas despedirán trabajadores, lo que generará incrementos en el desempleo y más pérdida en la producción agregada.

3. Puede consultarse el trabajo de Mork, Knut (1994). Business Cycles and the Oil Market. The Energy Journal 15. pp 15 – 38.

4. Existe un trabajo donde se da una exposición interesante sobre los incrementos en los precios del petróleo y la demanda de dinero: Pierce, J.L and Enzler J. (1974) . The effects of External Inflationary Shocks. Brooking Papers on Economic Activity I. pp 13 – 61.

5. Es decir, con el efecto estanflacionarios que mencionábamos previamente.

6. Mork (1994).

7. Una manera muy amena de mostrar los ejemplos que aquí se citaron es utilizando la ecuación cuantitativa de Fisher $MV = PY$ introduciendo valores numéricos en los parámetros.

8. Bermanke, B.S, Gertler M and Watson M. (1997). Systematic Monetary Policy and the Effects of Oil Price Shocks. Brookings Papers on Economic Activity I. pp 91 – 157.

- Asimetría en la respuesta de la economía y nuevas formas funcionales propuestas para explicar la relación entre el petróleo y la economía:

Durante las décadas de los 80 y los 90, la actividad económica agregada estadounidense respondió asimétricamente a los shocks petroleros. En otras palabras, los incrementos en los precios del petróleo retardaron en un mayor monto la actividad económica agregada que una caída en ellos. Este fenómeno significó un cambio estructural entre la relación existente entre el petróleo y la economía, lo que motivó a los investigadores a reestablecer tal relación mediante diversas especificaciones⁹.

Entre las nuevas especificaciones que se utilizan actualmente en el trabajo aplicado se mencionan las siguientes:

Mork (1989) propuso una especificación asimétrica que consiste en separar la tasa de cambio positiva de la tasa de cambio negativa de los precios del petróleo:

$$\Delta \ln roil_t^+ = \begin{cases} \Delta \ln roil_t, \Delta \ln roil_t > 0 \\ 0, \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta \ln roil_t^- = \begin{cases} \Delta \ln roil_t, \Delta \ln roil_t < 0 \\ 0, \text{Otherwise} \end{cases}$$

Lee, Ni y Ratti (1995) formulan una medida de asimetría que incorpora la incertidumbre. A su enfoque le denominan “Incrementos escalados en los precios del petróleo (SOPI)” en el caso de los decrementos la medida se denomina “Decrementos escalados en los precios del petróleo (SOPD)”:

$$roil_t = \phi_0 + \phi_1 roil_{t-1} + \phi_2 roil_{t-2} + \phi_3 roil_{t-3} + \phi_4 roil_{t-4} + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t | I_{t-1} \sim N(0, h_t)$$

$$h_t = \gamma_0 + \gamma_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma_2 h_{t-1}$$

$$SOPI_t = \max \left\{ 0, \frac{\varepsilon_t}{\sqrt{h_t}} \right\}$$

$$SOPD_t = \min \left\{ 0, \frac{\varepsilon_t}{\sqrt{h_t}} \right\}$$

La tercera especificación asimétrica se debe a Hamilton (1996 y 1999) quien propone un enfoque denominado “Incrementos netos en los precios del petróleo”:

$$NOPI_t = \max\{0, roil_t - \max(roil_{t-1}, roil_{t-2}, roil_{t-3}, roil_{t-4})\}$$

Este enfoque se inspira en la evidencia reciente que los decrementos en los precios del petróleo no han jugado un papel significativo en los ciclos económicos reales de Estados Unidos¹⁰.

Al especificar estas nuevas formas funcionales, los investigadores le han dado importancia a otros canales a través de los cuales los precios del petróleo pueden afectar la economía. Entre los nuevos canales que han sido propuestos están: la política monetaria, el ajuste de costos y la respuesta asimétrica de los precios de los derivados del petróleo. Mencionamos a continuación de una forma breve dichos canales:

a. La política monetaria:

Muchos autores han documentado la evidencia empírica de que la política monetaria es un factor que contribuye a la asimetría en la respuesta de la economía ante los shocks petroleros.

Si suponemos que se da rigidez en los salarios nominales y los precios del petróleo experimentan un incremento, los salarios disminuirán y por consiguiente se agravará la pérdida en el PIB si la autoridad monetaria falla en mantener el PIB nominal constante a través de la inflación esperada. En cambio, cuando los precios del petróleo caen, los salarios reales se elevan para vaciar los mercados.

b. Ajuste de costos: Los incrementos en los precios del petróleo retardan la actividad económica de forma directa y una caída en dichos precios la estimula también de forma directa. Sin embargo, los costos de ajuste ante los cambios en los precios del petróleo (ya sean positivos o negativos), también retardan la actividad económica¹¹.

Lilien (1982) y Hamilton (1988) examinaron cómo los cambios en los precios del petróleo crean desbalances sectoriales cambiando la relación de equilibrio intersectorial. A manera de ejemplo, incrementos (caídas) en los precios del petróleo conducen a una contracción (expansión) en los sectores que son intensivos en el uso de energía y una expansión (contracción) en aquellos sectores que son eficientes en el uso de la energía^{12,13}.

El ajuste de costos puede causar problemas de coordinación, en el sentido que cada empresa conoce la forma en que los cambios en los precios del petróleo pueden afectar su producción y el precio al que dan sus productos, sin embargo, carecen de información sobre la manera en que los cambios en los precios del petróleo afectan a las otras empresas y de la forma en que ellas responden a tal perturbación. Como consecuencia directa, las empresas tienen dificultad de ajustarse a las acciones de las otras¹⁴.

Otro factor que puede mencionarse dentro del ajuste de costos es la incertidumbre sobre los precios futuros del petróleo. Dicha incertidumbre reduce la actividad económica reduciendo la demanda de inversión. Bernanke (1983) en un excelente trabajo demuestra que las empresas encontrarán más deseable posponer decisiones irreversibles de inversión cuando ellos tienen una mayor incertidumbre sobre el futuro de los precios del petróleo. No obstante, la incertidumbre sobre el futuro de los precios siempre se da tanto si los precios del petróleo aumentan o si disminuyen¹⁵.

c. Precios de los derivados del petróleo:

Los precios de los productos derivados del petróleo pueden contribuir también a la relación asimétrica entre el petróleo y la economía. Las investigaciones proveen un soporte econométrico sobre el reclamo popular de que los precios de la gasolina se incrementan más rápidamente cuando los precios del petróleo están aumentando que cuando estos mismos caen.

Entre los estudios que podemos mencionar están los de Bacon (1991) que encuentra asimetría en el mercado de la gasolina en el Reino Unido. En los mercados de gasolina estadounidenses autores como: Borenstein, Cameron y Gilbert (1997); y más recientemente Balke, Brown y Yücel (1999) han documentado también tal asimetría¹⁶.

9. En otras palabras, canales como el enfoque clásico de perturbación por el lado de la oferta (que se podían modelar relativamente bien por medio de una sencilla relación lineal) y los mencionados anteriormente, son incapaces de explicar la asimetría (que son relaciones de no linealidad).

10. En este trabajo usaremos la especificación propuesta por Mork (1989) para incrementos positivos en los precios del petróleo, esto se debe a que es la forma funcional más sencilla de calcular que las otras que se mencionaron (no obstante, su desempeño para explicar la relación asimétrica entre el PIB y el petróleo es muy buena) y a que únicamente los incrementos positivos han tenido un impacto significativo en los ciclos económicos de Estados Unidos.

11. Es decir, que la caída en los precios del petróleo presenta al mismo tiempo efectos positivos y negativos.

12. Estas recomposiciones en la producción requieren ajustes en las estructuras de costo de las empresas que no se pueden dar en el corto plazo, esto trae como consecuencia directa un incremento en el nivel de desempleo y una subocupación de los recursos.

13. Lilien, D. (1982). Sectoral shifts and cyclical unemployment. *Journal of Political Economy* 90. pp 777 – 793.

Hamilton, J (1988). A Neoclassical Model of Unemployment and the Business Cycle. *Journal of Political Economy* 96. pp 593 – 617.

14. Los problemas de coordinación por parte de las empresas ante cambios en los precios del petróleo pueden ser considerados como una externalidad. Este fenómeno ha sido bien documentado en:

Hungtinton, H (2000). *Oil Security as a Macroeconomic Externality*. Stanford University Press.

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

16. Bacon, R.W. (1991). Rockets and Feathers: The Asymmetric Speed of Adjustment of UK, Retail Gasoline Prices to Cost Changes. *Energy Economics* 13. pp 211 -218.

Borenstein S, Cameron C and Gilbert R. (1997). Do Gasoline Prices Respond Asymmetrically to Crude Oil Prices? *Quarterly Journal of Economics* 112. pp 305 – 339.

Balke N, Brown S and Yücel M. (1999). Oil Price Shocks and the U.S Economy: Where Does the Asymmetry Originate? Research Paper #99 – 11. Federal Reserve Bank of Dallas.

IV. DESCRIPCION DE LAS VARIABLES DEL MODELO Y DE LA TECNICA A UTILIZAR.

En esta sección, describiremos en qué consiste la técnica de las autorregresiones vectoriales (VAR), la cual utilizaremos para construir el modelo que permitirá describir el comportamiento de las variables: PIB real, Gasto de consumo personal real e Inversión privada bruta real ante incrementos positivos de los precios del petróleo y cambios en la política monetaria. También se definirán las variables empíricas utilizadas para medir las correspondientes variables teóricas.

- Vectores Autorregresivos (VAR).

Los modelos de autorregresiones vectoriales (VAR), constituyen una herramienta del análisis multivariado de series de tiempo. Este tipo de modelos fueron introducidos y utilizados por Sims (1980)¹ como un enfoque alternativo y al mismo tiempo como una crítica a los modelos de ecuaciones múltiples al estilo de la Cowles Commission.

La crítica está basada fundamentalmente en que el econometrista cuando construye un modelo, debe estar seguro de que la especificación se encuentra bien fundamentada en la teoría. Desafortunadamente, en la mayor parte de los casos la teoría económica puede ser en cierta medida insuficiente para determinar la especificación correcta. A manera de ejemplo, una teoría puede ser demasiado complicada como para permitir al constructor de modelos derivar con precisión una especificación de los principios primordiales, de forma tal que debe realizarse alguna especificación aproximada. O podría darse el caso de que la teoría como tal puede ser consistente con múltiples estructuras de rezago alternativas, sin embargo, dichas estructuras de rezago pueden dar como resultado modelos con comportamientos dinámicos que pueden diferir mucho. Por último, es posible que no exista consenso respecto a cuál teoría es la correcta. Como consecuencia de eso, existen ocasiones en que deberíamos permitir que los datos (en lugar del econometrista), especifiquen la estructura dinámica del modelo.

De hecho, los VAR's proporcionan un medio para hacer esto. Un VAR hace demandas teóricas mínimas a la estructura del modelo. Únicamente necesitamos especificar dos cosas: las variables (endógenas y exógenas) que se cree interactúan y que por tanto deben incluirse dentro del sistema económico que se desea modelar. Y el mayor número de rezagos que son necesarios para capturar la dinámica de las variables².

Cada ecuación que conforma el modelo, está limitada a ser lineal por lo que no es necesario preocuparnos por las formas funcionales^{3, 4}.

1. Este enfoque heterodoxo puede encontrarse en el trabajo de Sims , Christopher.(1980). Macroeconomics and reality.

En notación matricial podemos expresar el $VAR(p)$ de la siguiente manera⁵:

$$x_t = A_0 + A_1 x_{t-1} + \dots + A_p x_{t-p} + B_0 z_t + B_1 z_{t-1} + \dots + B_r z_{t-r} + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t \sim NIID(O_t, \Sigma)$$

$$\Sigma = \sigma_{ii}^2 I$$

Donde:

x_t = Es un vector de $n \times 1$ variables endógenas

z_t = Es un vector de $m \times 1$ variables exógenas

A_0 = Es un vector de $n \times 1$ términos de intercepto

A_1, \dots, A_p = Son matrices $n \times n$ de coeficientes que relacionan los valores rezagados de las variables endógenas con los valores actuales de dichas variables.

B_0, \dots, B_r = Son matrices de $n \times m$ de coeficientes que relacionan los valores rezagados y actuales de las variables exógenas con los valores actuales de las variables endógenas.

ε_t = Es un vector de $n \times 1$ de términos de error.

p = Número de rezagos a incluir en el VAR.

Σ = Es una matriz $n \times n$ de varianza – covarianza de las perturbaciones.

σ_{ii}^2 = Varianza de la i – ésima perturbación.

I = Matriz identidad de orden n .

O_t = Matriz nula de orden n .

Como puede observarse, los vectores autorregresivos proveen un marco flexible para analizar series de tiempo multivariadas debido a que permite analizar el impacto dinámico de las perturbaciones aleatorias sobre el sistema de las variables. Este aspecto es precisamente el que deseamos conocer con los incrementos positivos en los precios del petróleo y con los cambios en la política monetaria. Asimismo, se han utilizado los VAR's ampliamente para realizar pronósticos en sistemas de variables de series de tiempo interrelacionadas, donde cada variable ayuda a pronosticar a todas las demás variables.

Estos modelos también se han utilizado ampliamente, en el análisis del impacto dinámico de diferentes tipos de perturbaciones y controles fortuitos en sistemas de variables.

2. Cuando Sims (1980) formuló las VAR, asumió la endogeneidad de todas las variables. En cuanto al número de rezagos a incluir en el VAR, se hace generalmente en base a criterios de información, los criterios usados para tal propósito son los de Akaike, Schwartz y Hannan- Quinn. Si se trata de sobreparametrizar un VAR, puede conducirnos a un mal pronóstico y a una mayor probabilidad de obtener un VAR espurio. Puede consultarse por ejemplo a Cavaliere (2003). Vector autorregression models. Study Centre Gerzensee CBC Course.

3. Esto se considera una desventaja de los modelos VAR, el no poder considerar relaciones no lineales entre las variables. Entre otras desventajas que tienen podemos mencionar: la imposibilidad de tomar en cuenta problemas de heteroscedasticidad condicional y de cambio estructural en los parámetros. Así como también la sobreparametrización que en cierta forma no satisface el principio de parsimonia.

De manera particular, utilizaremos un modelo VAR para estudiar las interacciones dinámicas entre las series: PIB real, Gasto de consumo personal real, Inversión privada bruta real, Tasa efectiva de los fondos de la FED y Precios del petróleo. Este estudio se llevará a cabo mediante el cómputo de las funciones impulso – respuesta, el cálculo de la descomposición de la varianza del error de predicción y a través de los pronósticos dinámicos⁶.

La técnica de los VAR's ha evolucionado bastante tal que hoy en día en el trabajo empírico podemos encontrar los siguientes planteamientos alternativos:

a. VAR's de forma reducida: Expresa cada variable como una función lineal de sus valores pasados, de los valores pasados de las otras variables del modelo y de los términos de errores no correlacionados.

b. VAR's recursivos: La variable del lado izquierdo de la primera ecuación depende solamente de los valores rezagados de todas las variables que se incluyen en el VAR, en tanto que la variable correspondiente a la segunda ecuación depende de los rezagos del VAR y del valor contemporáneo de la variable de la primera ecuación. También, la variable del lado izquierdo de la tercera ecuación depende de los rezagos de todas las variables y de los valores contemporáneos de la primera y segunda variables.

c. VAR's estructurales: Utilizan la teoría económica para ordenar la relación contemporánea entre las variables.

d. VAR's parciales (PVAR): No todas las variables tienen la misma especificación, puede haber variables con una representación estrictamente autorregresiva.

e. VAR's bayesianos (BVAR): Incorporan información a priori sobre los valores de los parámetros (sobrepametrizan el sistema).

f. VAR's cointegrados (VECM): Son una generalización de los procesos de raíz unitaria en el contexto multivariado y expresan el modelo como un sistema de corrección de errores.

g. VAR's con medias móviles (VARMA): Incorporan modelos de promedio móvil para los errores a fin de reducir los órdenes autorregresivos.

4. Si n es el número de variables endógenas, m el número de variables exógenas; p y r la cantidad de rezagos para las variables endógenas y exógenas respectivamente. Entonces, el número de parámetros estimados de un VAR está dado por: $n(1 + np + rm)$

5. En nuestro modelo hemos asumido la endogeneidad de todas las variables.

- Definición de las variables.

Habiendo descrito la técnica que se utilizará, procederemos a explicar el conjunto de variables que se empleará para desarrollar el análisis VAR.

El período es trimestral y todas las variables están ajustadas estacionalmente. Exceptuando las variables: FEDFUNDS (Tasa efectiva de los fondos de la FED) y OILPPRICE (Precios del petróleo) donde la frecuencia de las series es mensual y no es aplicable el ajuste estacional^{7, 8}. Los datos se obtuvieron de la base de datos económicos del Banco de la Reserva Federal de St. Louis (FRED[®]) los cuales se encuentran disponibles en línea en la siguiente dirección de Internet:

<http://research.stlouisfed.org/fred/>

Las variables reales (que son las que incorporaremos al modelo), las calculamos deflactando las variables nominales con el Deflactor de precios implícito del PIB que está ajustado estacionalmente y su año base es el 2000 y calculando sus tasas de crecimiento anuales^{9, 10}.

a. PIB real: Para medir el PIB real utilizamos la serie GDP y la deflactamos con la serie GDPDEF (Deflactor de precios implícito del PIB). En el VAR incorporamos la tasa de crecimiento anual del PIB real que la calculamos como:

$$RGDP1_t = \Delta^4 \ln(RGDP1_t)$$

b. Gasto de consumo personal real: La variable real se construye deflactando la serie PCEC con la serie GDPDEF e incorporando en el VAR su tasa de crecimiento anual:

$$RPCEC1_t = \Delta^4 \ln(RPCEC_t)$$

c. Gasto de inversión privada bruta real: Esta variable la construimos al deflactar la serie GPDI con GDPDEF y calculando su tasa de crecimiento anual:

$$RGPDI1_t = \Delta^4 \ln(RGPDI_t)$$

d. Tasa efectiva real de los fondos de la FED: Esta tasa constituye una tasa de interés de corto plazo y es un instrumento de la política monetaria. La obtenemos a partir de la serie FEDFUNDS que le restamos la tasa de crecimiento anual del deflactor del PIB para obtener la correspondiente tasa de interés real:

$$RFEDFUNDS_t = FEDFUNDS_t - \left(\frac{GDPDEF_t - GDPDEF_{t-4}}{GDPDEF_{t-4}} * 100 \right)$$

e. Precios reales del petróleo: La variable que usamos para medir los precios del petróleo es OILPRICES, reportada por WTI (West Texas Intermediate)¹¹. Construimos la variable real deflactando con la serie GDPDEF y calculamos la tasa de crecimiento positiva anual (como una medida de asimetría).¹²

$$DROILPRICE_t^+ = \begin{cases} DROILPRICE_t, DROILPRICE_t > 0 \\ 0, DROILPRICE_t \leq 0 \end{cases}$$

Donde:

$$DROILPRICE = \Delta^4 \ln(ROILPRICE_t)$$

La tabla mostrada a continuación, resume las variables utilizadas en el VAR:

6. Las funciones de impulso – respuesta, la descomposición de la varianza del error de predicción y los pronósticos dinámicos constituyen herramientas de simulación de los VAR's de las que se hablará ampliamente en la sección: Construcción, evaluación y uso del modelo.

7. Sin embargo, al estar las otras variables ajustadas estacionalmente, no es necesario incorporar al VAR dummies estacionales.

8. Existen 3 métodos disponibles para el compactado de series de tiempo de diferentes frecuencias (en este caso transformar una serie de periodicidad mensual a una de periodicidad trimestral): tomar la primera observación, tomar la última y tomar un promedio aritmético de las observaciones. En este trabajo usamos el tercer método de compactado, es decir promediamos las observaciones.

9. A partir de 1996, la BEA (Bureau of Economic Analysis) utiliza en las investigaciones índices de ponderación encadenada debido a los problemas que surgen al utilizar índices de ponderación fija en un ambiente de precios que cambian rápidamente. Sin embargo, aquí utilizaremos el deflactor de precios implícito del PIB (de ponderación fija). Una referencia de estas nuevas medidas puede encontrarse en:

Young, Allan H. (1993). Alternative measures of change in real output and prices, quarterly estimates for 1959 -1992.

10. La razón para tomar tasas de crecimiento anuales de las variables reales se explica en detalle en la sección: Construcción, evaluación y uso del modelo. Lo que se hace aquí es que por medio de esta transformación eliminamos la tendencia de la serie a fin de garantizar estacionariedad. Sin embargo, es válido también usar otros métodos para remover la tendencia como los filtros de media móvil simple, media móvil exponencial, Holdrick – Prescott y Baxter – King.

11. Se puede usar otra medida como el UK Brent que es de referencia en los mercados europeos, pero dado que existe una alta correlación entre UK Brent y WTI los resultados no difieren mucho. Además WTI es de referencia en el mercado norteamericano.

12. Consúltese la sección: Marco teórico sobre los enfoques asimétricos actuales, este enfoque fue propuesto por Mork, Knut (1989).

Variables utilizadas en el VAR.

| Variabes teóricas | Serie utilizadas (variables empíricas) | Nombre | Frecuencia | Período | Unidad de medida |
|--------------------------|--|--|------------|-------------------|---------------------|
| PIB (Y) | GDP | Producto Interno Bruto | Trimestral | 1947:01 - 2006:02 | Billones de dólares |
| Consumo (C) | PCEC | Gasto de consumo personal | Trimestral | 1947:01 - 2006:02 | Billones de dólares |
| Inversión (I) | GPDI | Gasto de inversión privada bruta | Trimestral | 1947:01 - 2006:02 | Billones de dólares |
| Tasa de interés (i) | FEDFUNDS | Tasa efectiva de los fondos de la FED | Mensual | 1954:07 - 2006:09 | Porcentaje |
| Precios del petróleo (o) | OILPRICE | Precios del petróleo (WTI) | Mensual | 1946:01 - 2006:09 | Dólares por barril |
| Deflactor del PIB (p) | GDPDEF | Deflactor implícito de precios del PIB | Trimestral | 1947:01 - 2006:02 | Index (2000 = 100) |

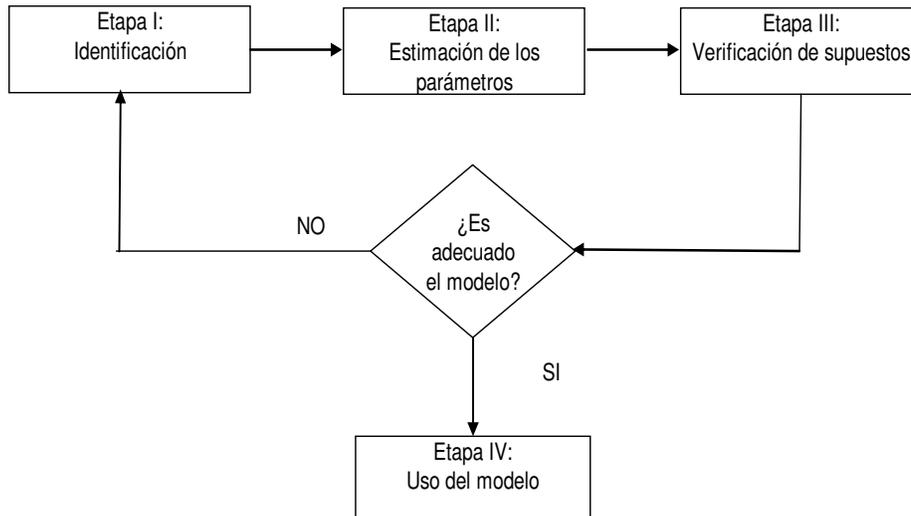
Fuente: Elaboración propia.

El período muestral que se consideró fue el período: 1955: 03 – 2000:04 que corresponde a 182 observaciones disponibles (luego de hacer las transformaciones respectivas). Y se utiliza para fines de pronóstico ex post el período: 2001:01 – 2006:02 es decir, 22 observaciones¹³.

13. Ver la sección: Construcción, evaluación y uso del modelo donde se desarrolla el concepto de pronóstico ex post y se analizan los resultados de estos pronósticos para las variables: RGDP1, RPCEC1 y RGPDI1.

V. CONSTRUCCION, EVALUACION Y USO DEL MODELO.

Para construir este modelo, adaptaremos al contexto multivariado la metodología propuesta por Box y Jenkins¹ (1970), que consiste en el siguiente proceso iterativo:



Fuente: Guerrero, Víctor (1993). Análisis estadístico de series de tiempo económicas.

Se detallará cada etapa del proceso a continuación:

- Identificación:

El principal objetivo que tiene esta etapa es determinar el orden del vector autorregresivo² (el número de rezagos a incluir), basándonos en los criterios de información³ de Akaike, Schwartz y Hannan-Quinn. Además, se realiza para cada serie a incluir en el VAR la prueba KPSS⁴ donde probamos la hipótesis nula de que la serie en cuestión es un proceso estacionario (en tendencia) contra la alternativa que el proceso tiene una raíz unitaria. En caso de rechazarse la hipótesis nula de estacionariedad, buscamos una transformación que haga posible que la serie sea estacionaria para incorporarla al VAR⁵.

Se reportan a continuación los resultados de las pruebas KPSS para las variables sin transformar y para las variables transformadas:

1. La metodología que propusieron Box y Jenkins (1970), está concebida para el tratamiento de series de tiempo univariantes, es decir, modelos ARIMA $(p, d, q) \times (P, D, Q)_s$, se ha adaptado aquí porque considero que es un procedimiento bastante ordenado y lógico para la construcción de modelos de series de tiempo.

2. Es preferible introducir en el VAR un número de rezagos lo suficientemente largo para capturar completamente la dinámica del sistema que se está modelando. Sin embargo, entre mayor número de rezagos incluyamos, más parámetros tendrán que estimarse (aproximadamente $n(1 + np + rm)$) y menos grados de libertad habrán. En nuestro caso por ejemplo, sin la presencia de variables exógenas ($m = 0$) y con $n = 5$ y $p = 6$. ¡Se estimaron un total de 155 parámetros!.

3. Ver anexo sobre criterios de información.

4. Ver anexo sobre el contraste KPSS.

Variables originales (en niveles):

| Variable | Estadístico de Contraste | | Resultado |
|-----------|--------------------------|--------------------|-----------|
| | $\hat{\eta}_\mu$ | Valor Crítico (5%) | |
| RGDP | 0.2548 | 0.146 | Rechazo |
| RGPI | 0.1670 | 0.146 | Rechazo |
| RPCEC | 0.2681 | 0.146 | Rechazo |
| ROILPRICE | 0.1561 | 0.146 | Rechazo |
| FEDFUNDS | 0.2055 | 0.146 | Rechazo |

Fuente: Elaboración propia.

Variables transformadas:

| Variable | Estadístico de Contraste | | Resultado |
|------------|--------------------------|--------------------|-----------|
| | $\hat{\eta}_\mu$ | Valor Crítico (5%) | |
| RGDP1 | 0.0639 | 0.146 | Acepto |
| RGPI1 | 0.0683 | 0.146 | Acepto |
| RPCEC1 | 0.0610 | 0.146 | Acepto |
| DROILPRICE | 0.0836 | 0.146 | Acepto |
| RFEDFUNDS | 0.0686 | 0.146 | Acepto |

Fuente: Elaboración propia.

Se decide por tanto incluir en el VAR las variables transformadas porque en todas se acepta la hipótesis nula de estacionariedad.

En cuanto al número de rezagos, se decide utilizar seis rezagos de acuerdo a los criterios de información:

| Retardos | AIC | BIC | HQC |
|----------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | -16.021716 | -15.485461* | -15.804250 |
| 2 | -16.335253 | -15.352118 | -15.936565 |
| 3 | -16.355109 | -14.925094 | -15.775200 |
| 4 | -16.624438 | -14.747543 | -15.863307 |
| 5 | -17.015366 | -14.691602 | -16.073024* |
| 6 | -17.070810* | -14.300156 | -15.947236 |
| 7 | -16.945534 | -13.728000 | -15.640737 |
| 8 | -16.977121 | -13.312708 | -15.491103 |

Fuente: Elaboración propia.

Los asteriscos indican los mejores (es decir, los mínimos) valores de cada criterio de información, AIC = criterio de Akaike, BIC = criterio bayesiano de Schwartz y HQC = criterio de Hannan-Quinn.

5. Existen diversos puntos de vista sobre incorporar variables estacionarias en un VAR pues el propio Sims (1980) manifiesta que el objetivo de un VAR no es la estimación de sus parámetros, sino que más bien el estudio de las interrelaciones entre las variables.

- Estimación de parámetros:

En esta etapa se supone que ya hemos identificado el modelo, y que por ser adecuado, lo único que resta es encontrar los mejores valores de los parámetros para que el modelo represente apropiadamente a las series en consideración.

Como las variables explicativas son todas retardadas y bajo el supuesto de ausencia de autocorrelación con las perturbaciones aleatorias, el método de los mínimos cuadrados ordinarios (OLS) proporciona estimadores consistentes y eficientes.

$$\hat{\beta} = (Y'_{t-j} Y_{t-j})^{-1} Y'_{t-j} Y_t$$

Si hubiera correlaciones entre las distintas ecuaciones podría ser necesario el uso de métodos de estimación con información completa. Dado que no existen restricciones en la matriz de coeficientes (porque todas las variables aparecen incluidas en todas las ecuaciones). Métodos alternativos no serán más eficientes que los mínimos cuadrados ordinarios.

- Verificación de supuestos:

Dado que la metodología de los vectores autorregresivos es relativamente flexible y no hay ningún impedimento en el hecho de considerar endógenas a todas las variables, no es costumbre el análisis de los coeficientes de regresión estimados ni sus significancias estadísticas; tampoco la bondad de ajuste de las ecuaciones individuales (R^2 y \bar{R}^2). Pero sí es muy importante, que se cumpla el supuesto de ausencia de autocorrelación de los residuales de cada una de las ecuaciones individuales del modelo y la distribución normal multivariada de los mismos.

En esta etapa también realizamos un chequeo de la estabilidad del modelo estimado mediante el análisis de los eigenvalores (raíces inversas) del polinomio autorregresivo del VAR. Dichas raíces conviene representarlas por medio de una tabla y/o de un círculo unitario. Adicionalmente, se realizó un contraste para determinar la existencia de efecto ARCH (Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva) en cada una de las ecuaciones individuales y una prueba de significancia conjunta del modelo (prueba χ^2).

A continuación reportamos los resultados de las pruebas de autocorrelación, normalidad multivariada, estabilidad de los parámetros, la existencia de efecto ARCH y una prueba de significancia conjunta del modelo.

- a. Contraste de Multiplicador de Lagrange de autocorrelación hasta el orden 4.

H_0 : No hay autocorrelación.

| ECUACION | ESTADISTICO DE CONTRASTE (LMF) | VALOR CRITICO $F_{0.05,4,141}$ | RESULTADO |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------|
| Ecuación 1 | 1.57497 | 2.43585 | Acepto |
| Ecuación 2 | 2.2835 | 2.43585 | Acepto |
| Ecuación 3 | 1.93981 | 2.43585 | Acepto |
| Ecuación 4 | 1.9596 | 2.43585 | Acepto |
| Ecuación 5 | 0.5954 | 2.43585 | Acepto |

Fuente: Elaboración propia.

- b. Contraste de normalidad multivariada de Doornik – Hansen.

H_0 : El vector de residuales tiene una distribución normal.

Matriz de correlación de los residuales (5 x 5).

| | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 0.64211 | 0.75299 | 0.30928 | -0.13446 |
| 0.64211 | 1 | 0.14836 | 0.32394 | 0.015938 |
| 0.75299 | 0.14836 | 1 | 0.20502 | -0.10098 |
| 0.30928 | 0.32394 | 0.20502 | 1 | 0.035359 |
| -0.13446 | 0.015938 | -0.10098 | 0.035359 | 1 |

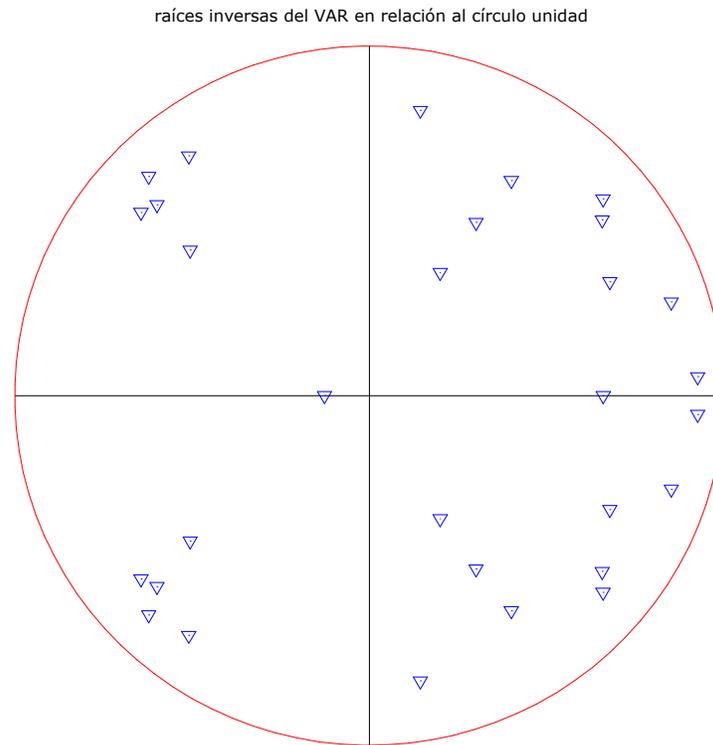
Eigenvalores.

0.0773076
0.732018
0.843406
1.08535
2.26192

| Estadístico de contraste (Doornik - Hansen) | Valor Crítico | Resultado |
|---|---------------|-----------|
| 130.349 | 18.3070381 | Rechazo |

Fuente: Elaboración propia.

c. Raíces inversas del polinomio autorregresivo del VAR.



d. Contraste de efecto ARCH hasta el orden 4.

H_0 : No hay efecto ARCH.

| ECUACION | ESTADISTICO DE CONTRASTE (TR^2) | VALOR CRITICO $\chi^2_{0.05,4}$ | RESULTADO |
|------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------|
| Ecuación 1 | 6.30184 | 9.4877 | Acepto |
| Ecuación 2 | 1.41961 | 9.4877 | Acepto |
| Ecuación 3 | 8.85636 | 9.4877 | Acepto |
| Ecuación 4 | 34.3616 | 9.4877 | Rechazo |
| Ecuación 5 | 3.6959 | 9.4877 | Acepto |

Fuente: Elaboración propia.

e. Prueba de significancia conjunta del modelo.

Para el sistema en conjunto:

H_0 : El retardo más largo es 5

H_1 : El retardo más largo es 6

| ESTADISTICO DE CONTRASTE (Razón de verosimilitudes) | VALOR CRITICO $\chi^2_{0.05,25}$ | RESULTADO |
|---|--|-----------|
| 60.1678 | 37.6524 | Rechazo |

Fuente: Elaboración propia.

Observamos que se cumple el supuesto de ausencia de correlación serial en los residuales de cada una de las ecuaciones individuales, aunque no se satisface el supuesto de normalidad, no obstante, es de mayor importancia que el VAR cumpla con el supuesto de ausencia de correlación serial⁶. Podemos apreciar también que todos los eigenvalores (raíces inversas) del polinomio autorregresivo del VAR son menores que uno (caen dentro del círculo unitario) y por tal razón se considera que el sistema satisface la condición de estabilidad y estacionariedad. Rechazamos la hipótesis nula de no existencia de efecto ARCH, en la cuarta ecuación, sin embargo, el proceso asociado a los residuales de esta regresión, continúa siendo estacionario debido a que la definición de estacionariedad requiere solamente que las covarianzas incondicionales no sean función del tiempo. Finalmente, el estadístico χ^2 fue alto en el modelo, lo que corrobora la significancia conjunta (y la elección adecuada del número de rezagos) de todas las variables que integran el sistema. Por tanto, concluimos que el modelo se considera adecuado.

- Uso del modelo:

Ya que hemos considerado adecuado el modelo, la siguiente etapa que sugiere la metodología Box – Jenkins es su utilización. En nuestro caso, el modelo construido permitirá en primer lugar efectuar el proceso de simulación, que consiste en determinar los efectos aislados de cada una de las variables sobre el resto. Para llevar a cabo el proceso de simulación utilizaremos dos herramientas que son: la función de impulso - respuesta y la descomposición de la varianza del error de predicción. Previo al análisis de las funciones de impulso – respuesta y al análisis de descomposición de la varianza del error de predicción, examinaremos la causalidad “a la Granger” para determinar el carácter unidireccional o bidireccional de las series de tiempo involucradas. Con esto se facilita conocer la existencia y dirección de transmisión entre dos series de tiempo.

Posteriormente, utilizaremos el modelo para efectuar un pronóstico dinámico (fuera de la muestra) para las tasas de crecimiento anuales de las variables: PIB real (RGDP1), Gasto de consumo personal real (RPCEC1) y Gasto de inversión privada bruta real (RGPDI1).

A continuación, expondremos en detalle en qué consisten las herramientas que se utilizan para el proceso de simulación y el resultado de los pronósticos dinámicos.

a. Causalidad a la Granger:

Ha sido un problema muy común en economía determinar si los cambios en una variable son una causa de los cambios en otra. La idea subyacente básica es muy simple: Si por ejemplo X causa a Y, entonces los cambios en X deben preceder a los cambios en Y. Particularmente, para decir que “La variable X está causando a Y”, se deben de cumplir dos condiciones. En principio, X debe ayudar a predecir Y. En segundo lugar, Y no debe ayudar a predecir X. Debido a que si Y predice X y X predice Y (causalidad bidireccional), probablemente una o más variables distintas, seguramente, estén causando los cambios observados tanto para X como para Y⁷.

Para probar si X causa Y, se procede de la siguiente manera:

Probamos: $H_0 : X \nrightarrow Y$ (X no causa Y) ejecutando dos regresiones:

$$\text{Regresión sin restricción: } Y = \sum_{i=1}^m \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_i X_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$\text{Regresión restringida: } Y = \sum_{i=1}^m \alpha_i Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

Usamos una estadística $F_0 = (N - k) \frac{(ESS_R - ESS_{UR})}{q(ESS_{UR})}$ para probar la significancia conjunta de los parámetros estimados.

Segundo, probamos $H_0 : Y \nrightarrow X$ (Y no causa X) ejecutando las mismas regresiones anteriores permutando X e Y.

Se debe advertir que cuando se afirma: “X causa a Y” (a la Granger), no implica que Y sea el efecto o resultado de X. Sino que lo que en realidad estamos midiendo es precedencia y contenido informativo, no la implicancia que generalmente se le otorga al término causalidad⁸.

A continuación se reportan las pruebas de causalidad a la Granger efectuada sobre las variables:

Pruebas apareadas de causalidad a la Granger

Fecha: 05/03/07 Hora: 09:58

Muestra: 1955:3 2000:4

Rezagos: 6

| Hipótesis nula: | Obs | F ₀ | Probabilidad |
|--|-----|----------------|--------------|
| RPCEC1 no causa a la Granger a RGDP1 | 182 | 3.96948 | 0.00097 |
| RGDP1 no causa a la Granger a RPCEC1 | | 1.57954 | 0.15589 |
| RFEDFUNDS no causa a la Granger a RGDP1 | 182 | 4.38935 | 0.00038 |
| RGDP1 no causa a la Granger a RFEDFUNDS | | 3.65417 | 0.00196 |
| DROILPRICE no causa a la Granger a RGDP1 | 182 | 2.54187 | 0.02210 |
| RGDP1 no causa a la Granger a DROILPRICE | | 0.83703 | 0.54289 |
| RGPD11 no causa a la Granger a RGDP1 | 182 | 1.41485 | 0.21156 |
| RGDP1 no causa a la Granger a RGPD11 | | 5.26584 | 5.3E-05 |
| RFEDFUNDS no causa a la Granger a RPCEC1 | 182 | 2.71249 | 0.01538 |
| RPCEC1 no causa a la Granger a RFEDFUNDS | | 2.58367 | 0.02026 |
| DROILPRICE no causa a la Granger a RPCEC1 | 182 | 2.59140 | 0.01988 |
| RPCEC1 no causa a la Granger a DROILPRICE | | 1.11272 | 0.35695 |
| RGPD11 no causa a la Granger a RPCEC1 | 182 | 1.42293 | 0.20848 |
| RPCEC1 no causa a la Granger a RGPD11 | | 8.80513 | 2.4E-08 |
| DROILPRICE no causa a la Granger a RFEDFUNDS | 182 | 2.90219 | 0.01021 |
| RFEDFUNDS no causa a la Granger a DROILPRICE | | 1.54941 | 0.16508 |
| RGPD11 no causa a la Granger a RFEDFUNDS | 182 | 2.40961 | 0.02930 |
| RFEDFUNDS no causa a la Granger a RGPD11 | | 5.82145 | 1.6E-05 |
| RGPD11 no causa a la Granger a DROILPRICE | 182 | 0.59772 | 0.73189 |
| DROILPRICE no causa a la Granger a RGPD11 | | 2.88434 | 0.01058 |

Concluimos que existe causalidad bidireccional entre RFEDFUNDS y las variables: RGPD11, RGDP1 y entre RPCEC1. La causalidad unidireccional se da entre DROILPRICE y las variables: RGDP1, RPCEC1, RGPD11 y RFEDFUNDS.

En otras palabras, y basándonos en los resultados anteriores, podemos afirmar que la variable DROILPRICE más exógena que RFEDFUNDS.

6. Puede consultarse al respecto a Fernández – Corugedo, Emilio (2003). Exercise on unit roots (including structural breaks) estimating a VECM and the implications of the VECM. Bank of England.

7. Debido a que existe cierta controversia al utilizar estas pruebas, actualmente los economistas se encuentran menos interesados en probar las hipótesis de causalidad “a la Granger”. Después de todo, es de mayor interés cuantificar la cantidad de retroalimentación (descomposición de la varianza del error de predicción) que existe de una variable a otra. Una buena referencia es encontrada en Sims (1980), donde construye un VAR con las variables: dinero, producción industrial e índices de precios al por mayor y posteriormente incorpora al modelo las tasas de interés. Este ejemplo es citado frecuentemente por Cochrane (1997).

8. Fernández, Viviana (2004). Apuntes de Teoría Econométrica I. Pontificia Universidad Católica de Chile. Se debe recordar que en econometría se aprende que “causalidad” no es algo que podemos probar estadísticamente sino que es algo que podría conocerse a priori.

b. Funciones impulso – respuesta:

La función impulso – respuesta, constituye la representación $MA(\infty)$ del polinomio autorregresivo del modelo. Estas funciones son interesantes entre otras cosas porque nos permiten pensar en “causas” y “efectos”. A manera de ejemplo, digamos que estamos modelando un VAR con las variables PIB y M1, entonces podríamos calcular la respuesta del PIB a un shock monetario en un modelo VAR: PIB – M1 e interpretar dicho resultado como “el efecto” de la política monetaria sobre el PIB.

Una función de impulso – respuesta, explica la respuesta del sistema a shocks en los componentes del vector de perturbaciones (en una desviación típica por lo general). Un shock en una variable en el período i , afectará de manera directa a la propia variable y se transmitirá al resto de variables explicadas por medio de la estructura dinámica que representa el modelo VAR.

Sin embargo, las funciones de impulso – respuesta de un VAR son ligeramente ambiguas, esto se debe a que existen correlaciones entre las perturbaciones de las distintas ecuaciones (correlación cruzada) y no es posible diferenciar con claridad los efectos individuales de cada perturbación a no ser que se efectuó una transformación previa.

Cuando simulamos un VAR por medio de una función impulso - respuesta, lo hacemos mediante una ortogonalización de las perturbaciones aleatorias, es decir, se debe transformar el modelo original para diagonalizar la matriz de varianzas y covarianzas de las perturbaciones. Sims (1980), propuso usar la factorización de Choleski. En esta factorización, asumimos que toda la perturbación aleatoria de la primera ecuación corresponde a la primera variable, es decir, que no existe efecto adicional procedente de las siguientes variables; la perturbación de la segunda ecuación proviene de la primera y de la suya propia, y así sucesivamente a lo largo de una cadena causal. Aunque el uso del método de factorización de Choleski ha sido usado ampliamente, no deja de ser un tanto arbitrario a la hora de atribuir los efectos comunes.

Por otra parte, si se cambia el orden de las variables, los resultados de las funciones impulso – respuesta pueden variar drásticamente por lo que ordenaciones distintas nos conducen a alternativas diferentes en el proceso de simulación^{9, 10}.

c. Descomposición de la varianza del error de predicción:

Constituye otra herramienta de simulación de los modelos VAR, consiste en determinar, para cada horizonte de predicción k , qué porcentaje de las variaciones de cada variable $Y_{i, t+k}$ es explicado por cada perturbación $u_{i, t+k}$. En otras palabras, proporciona información sobre la importancia relativa de cada perturbación aleatoria de las variables en el modelo VAR.

Se debe advertir además que las simulaciones con modelos VAR (usando las funciones de impulso – respuesta y/o el análisis de la descomposición de la varianza del error de predicción) son atemporales, en el sentido de que únicamente recogen la influencia de acuerdo con el transcurso del tiempo, sin embargo no se encuentran asociadas a un período específico.

A continuación, se presenta el resultado del proceso de simulación:

Descomposición de la varianza de RGDP1

| Período | Desv.típica | RGDP1 | RPCEC1 | RGPD11 | RFEDFUNDS | DROILPRICE |
|---------|-------------|-------|--------|--------|-----------|------------|
| 1 | 0.0088 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0.01738 | 87.99 | 4.56 | 1.3295 | 2.97 | 3.13 |
| 8 | 0.02167 | 61.27 | 8.18 | 3.235 | 14.77 | 12.54 |
| 12 | 0.0227 | 56.8 | 10.56 | 4.9 | 15.58 | 12.16 |
| 16 | 0.0234 | 53.41 | 11.55 | 6.57 | 15.08 | 13.38 |
| 20 | 0.0236 | 53.29 | 11.56 | 6.53 | 15.14 | 13.47 |
| 24 | 0.0237 | 53.27 | 11.79 | 6.48 | 15.06 | 13.4 |

Descomposición de la varianza de RPCEC1

| Período | Desv.típica | RGDP1 | RPCEC1 | RGPD11 | RFEDFUNDS | DROILPRICE |
|---------|-------------|-------|--------|--------|-----------|------------|
| 1 | 0.0072 | 41.23 | 58.77 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0.0139 | 48.61 | 40.99 | 2.18 | 5.53 | 2.68 |
| 8 | 0.0165 | 37.27 | 30.12 | 4.73 | 13.55 | 14.32 |
| 12 | 0.0170 | 36.09 | 30.03 | 5.47 | 13.53 | 14.87 |
| 16 | 0.0174 | 34.74 | 29.4 | 6.65 | 14.02 | 15.18 |
| 20 | 0.0176 | 34.68 | 29.21 | 6.54 | 14.44 | 15.13 |
| 24 | 0.0177 | 34.68 | 29.48 | 6.46 | 14.42 | 14.95 |

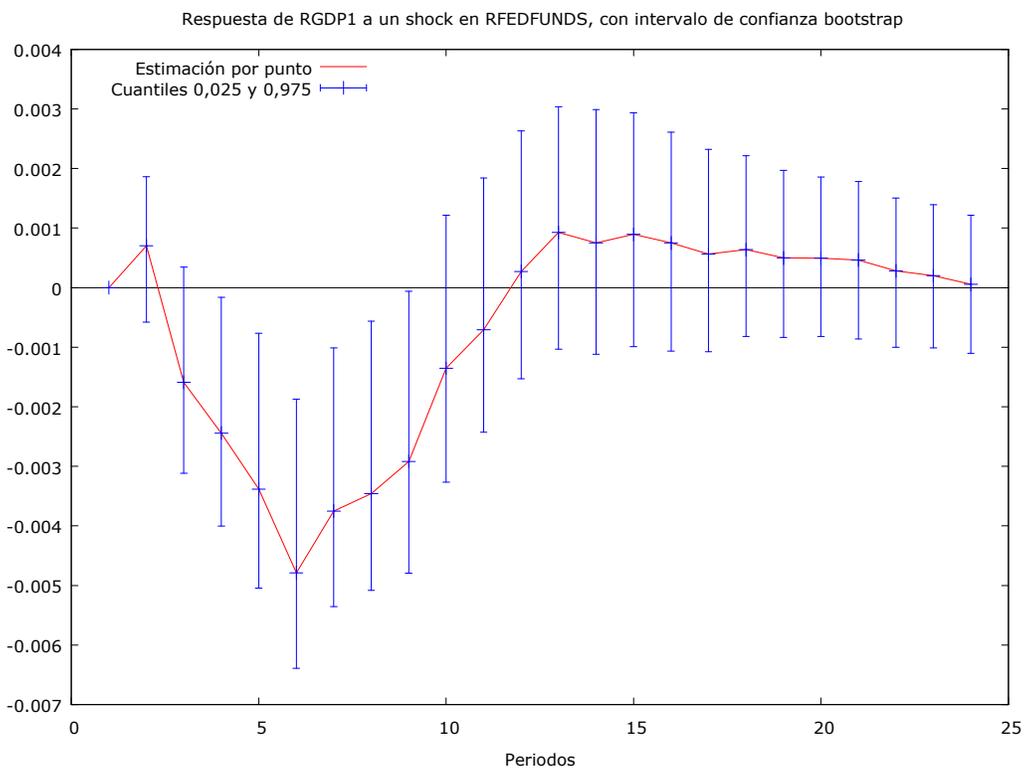
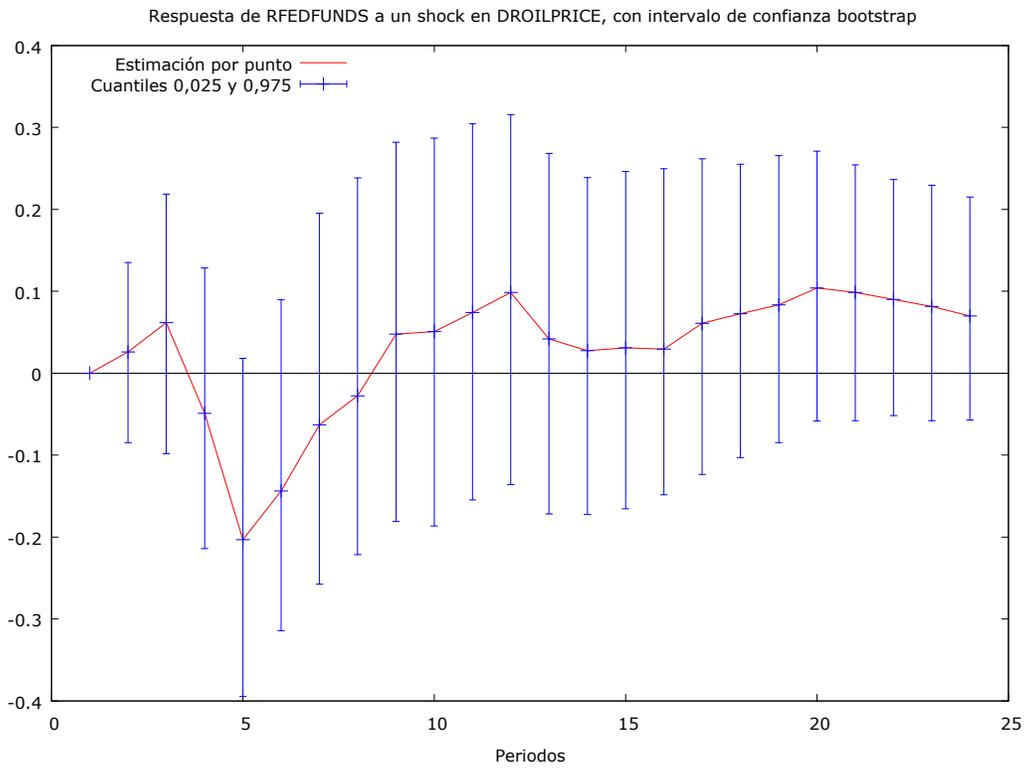
Descomposición de la varianza de RGPD11

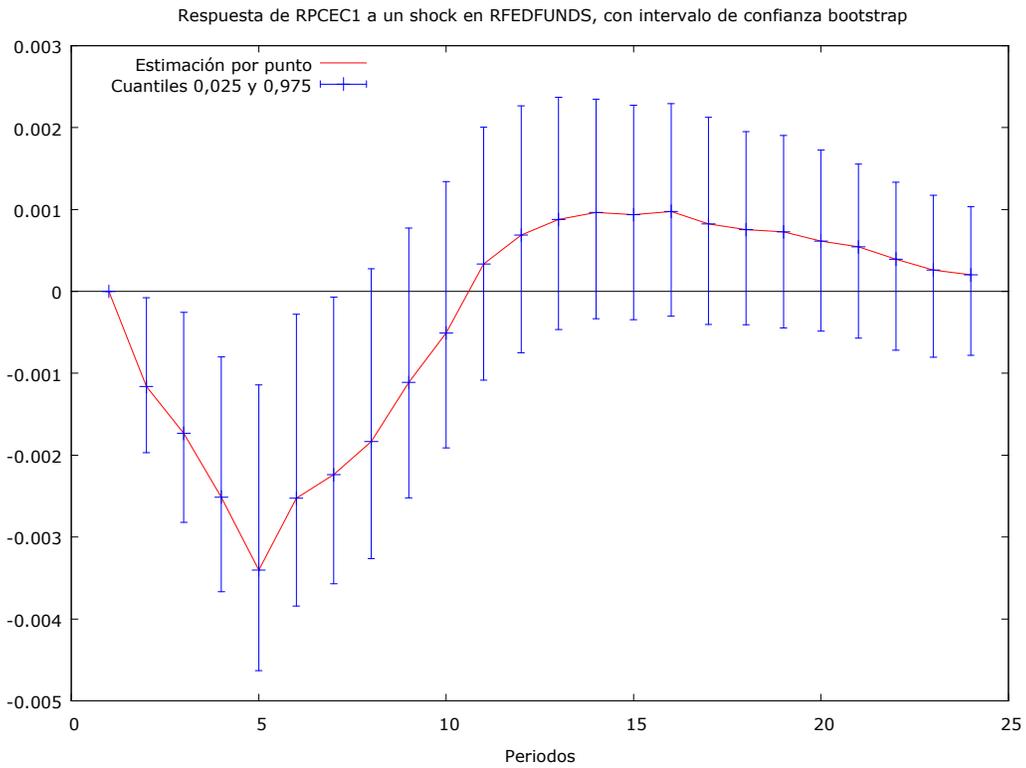
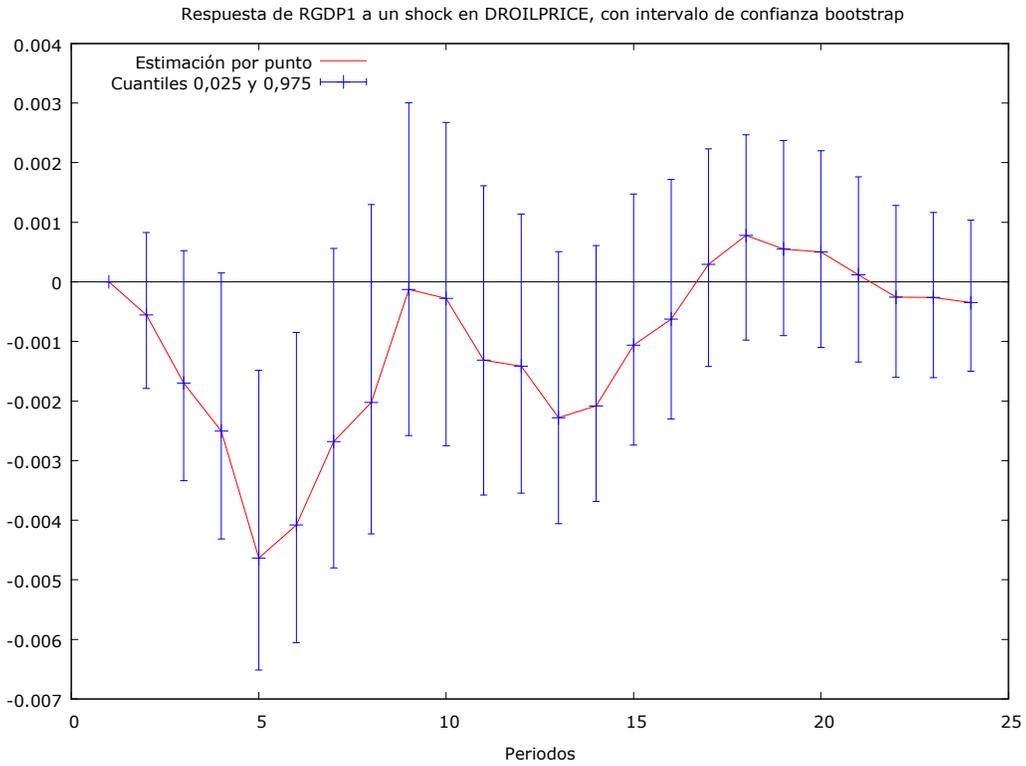
| Período | Desv.típica | RGDP1 | RPCEC1 | RGPD11 | RFEDFUNDS | DROILPRICE |
|---------|-------------|-------|--------|--------|-----------|------------|
| 1 | 0.043 | 56.7 | 19.11 | 24.19 | 0 | 0 |
| 4 | 0.071 | 63.05 | 9.11 | 25.26 | 1.89 | 0.68 |
| 8 | 0.092 | 46.81 | 16.67 | 16.97 | 11.08 | 8.46 |
| 12 | 0.1003 | 43.28 | 20.11 | 17.64 | 11.36 | 7.6 |
| 16 | 0.1044 | 40.12 | 21.16 | 19.38 | 11.75 | 7.58 |
| 20 | 0.105 | 39.74 | 21.08 | 19.23 | 11.7 | 8.25 |
| 24 | 0.1052 | 39.72 | 21.15 | 19.16 | 11.67 | 8.3 |

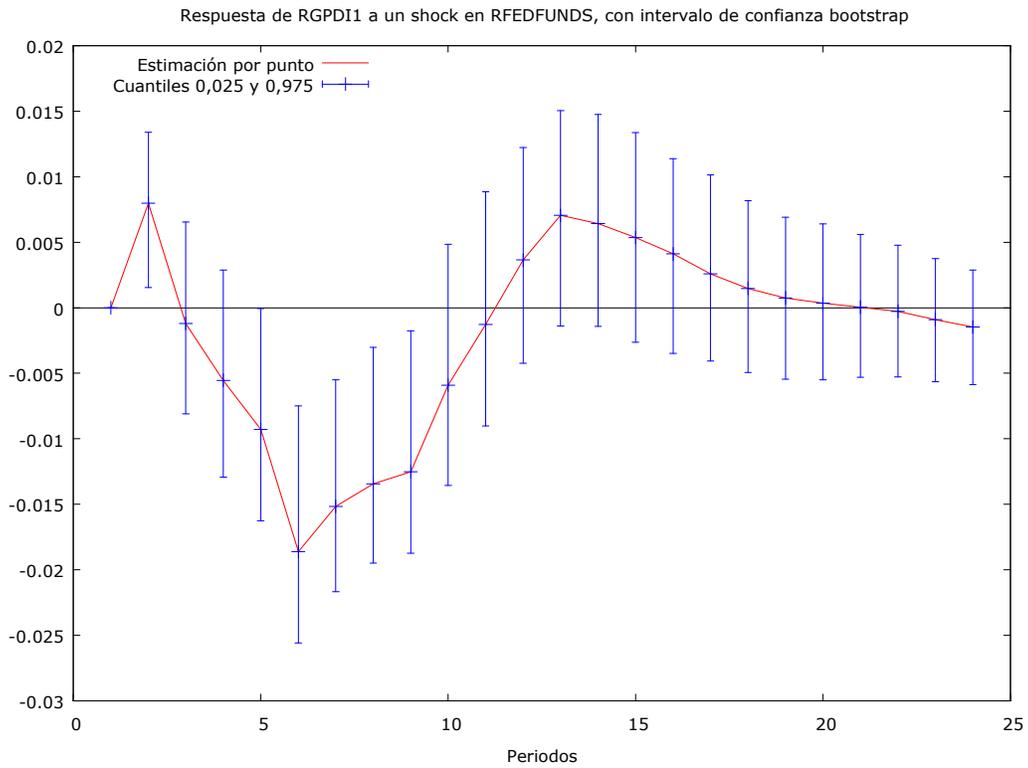
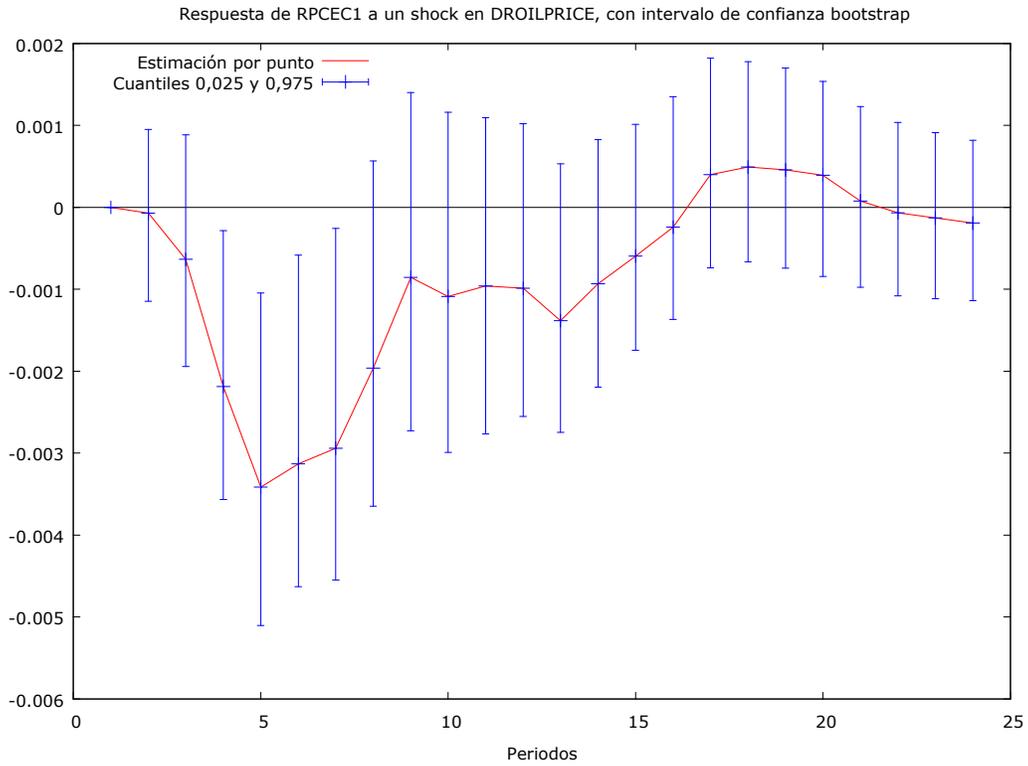
Fuente: Elaboración propia.

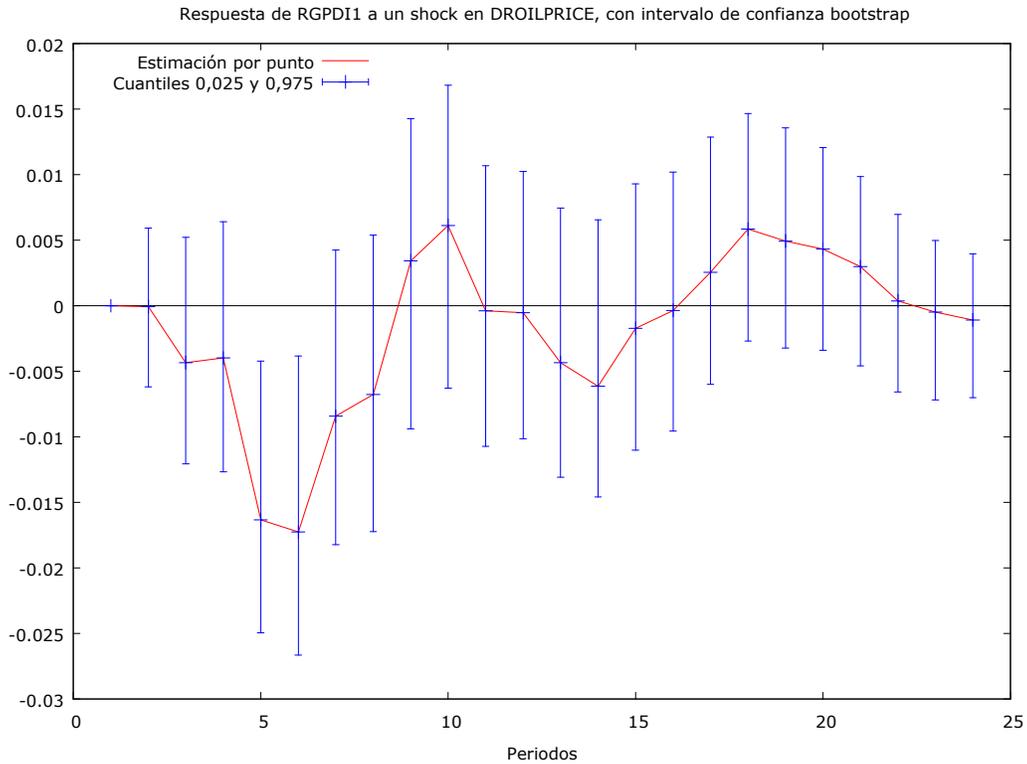
9. En nuestro caso, existen $5! = 120$ ordenaciones posibles de las variables. Idealmente, podría usarse la teoría económica para decidir el orden en que aparecerán las variables en el VAR.

10. Hemos considerado el siguiente ordenamiento para el VAR (p): RGDP1, RPCEC1, RGPD11, RFEDFUNDS y DROILPRICE.









A través de estos análisis podemos constatar que los incrementos en los precios del petróleo conducen a un incremento en las tasas de interés (por tanto concluimos que la política monetaria no es neutral ante los shocks petroleros) y a una baja en el PIB real (y por tanto en la actividad económica agregada).

En cuanto a la duración de los efectos de las perturbaciones, se observa que los impactos de los incrementos en los precios del petróleo son mayores que los impactos que tiene la política monetaria sobre la economía a la hora de encarar un shock petrolero.

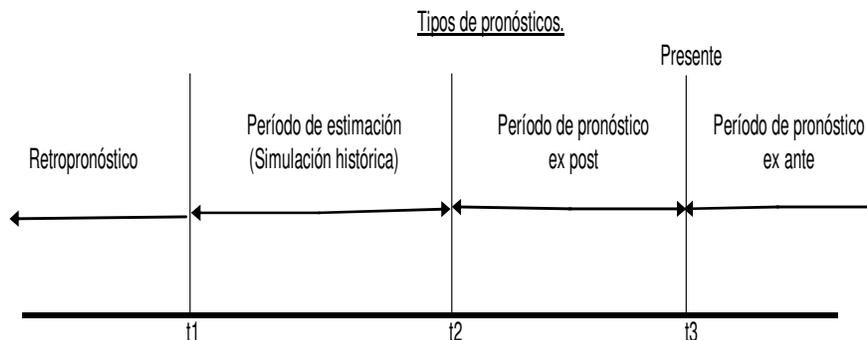
d. Pronósticos dinámicos.

Un modelo de series de tiempo (ya sea univariante o bien multivariante) se utiliza en la mayoría de los casos para fines de pronósticos. Por otro lado, cabe destacar que el proceso de construcción misma de un modelo está íntimamente vinculado con el pronóstico debido a que para calcular los residuales se deben de obtener primero los valores estimados (ajustados) por el modelo, que no son otra cosa más que los valores pronosticados de la variable en el período t , con base en las observaciones hasta el período $t - 1$ (pronósticos de un período hacia delante).

El pronóstico involucra simular el modelo adelante en el tiempo y fuera del período de estimación. Es posible distinguir dos tipos de pronósticos: Si el período de estimación no se extiende hasta el año actual (es decir $T_2 < T_3$), podríamos comenzar el pronóstico al final del período de estimación y extenderlo hasta el presente, posiblemente comparando los resultados con los datos disponibles. Esto es denominado como “pronóstico ex post” y se realiza con frecuencia como una forma de probar la precisión de pronóstico de un modelo¹¹. Un pronóstico que se efectúa iniciando la simulación en el año actual y extendiéndola hacia el futuro se llama “pronóstico ex ante”.

Por otro lado, en muchas ocasiones, es de particular interés simular el modelo retrocediendo en el tiempo, iniciando al principio del período de estimación. Esto se puede hacer cuando deseamos probar la estabilidad dinámica del modelo o para desarrollar análisis de las diferentes hipótesis sobre eventos que se realizaron antes del período de estimación. Este tipo de pronóstico se denomina retropronóstico.

La figura mostrada a continuación, resume los tipos de pronósticos que existen.



Fuente: Pindyck R.S y Rubinfeld D.L (1998). Econometría: modelos y pronósticos.

11. Para nuestros propósitos, vamos a usar el pronóstico ex post como una manera de validar nuestro modelo con datos reales.

Existen también diferentes criterios usados para evaluar pronósticos. El primero es el ajuste de las ecuaciones individuales en un contexto de simulación histórica, es de esperarse que los resultados de dicha simulación concuerden con el comportamiento del mundo real de una forma muy cercana.

Otro criterio que se utiliza es el uso de estadísticos como el error de pronóstico rms, error porcentual rms, error de simulación medio y error porcentual medio. Estos estadísticos que son en cierta forma medidas de bondad de ajuste, se calculan mediante las siguientes fórmulas¹²:

$$rms = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (y_t^f - y_t)^2}$$

$$\%rms = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T \left(\frac{y_t^f - y_t}{y_t} \right)^2}{T}}$$

$$\overline{rms} = \frac{\sum_{t=1}^T (y_t^f - y_t)}{T}$$

$$\overline{\%rms} = \frac{\sum_{t=1}^T \left(\frac{y_t^f - y_t}{y_t} \right)}{T}$$

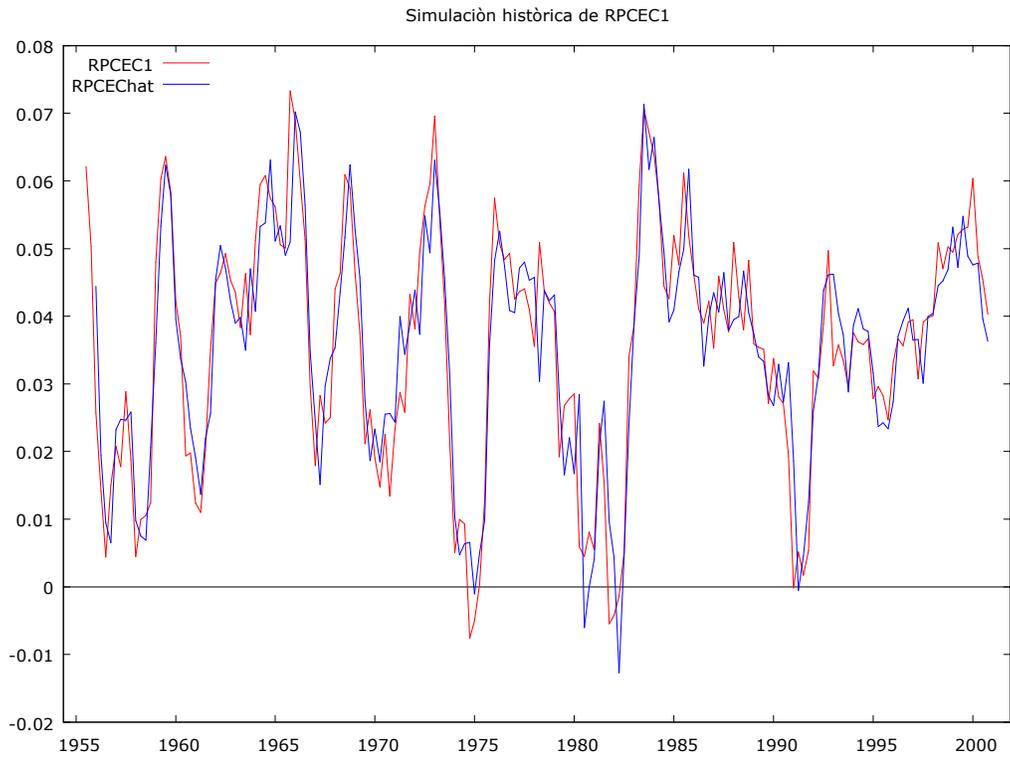
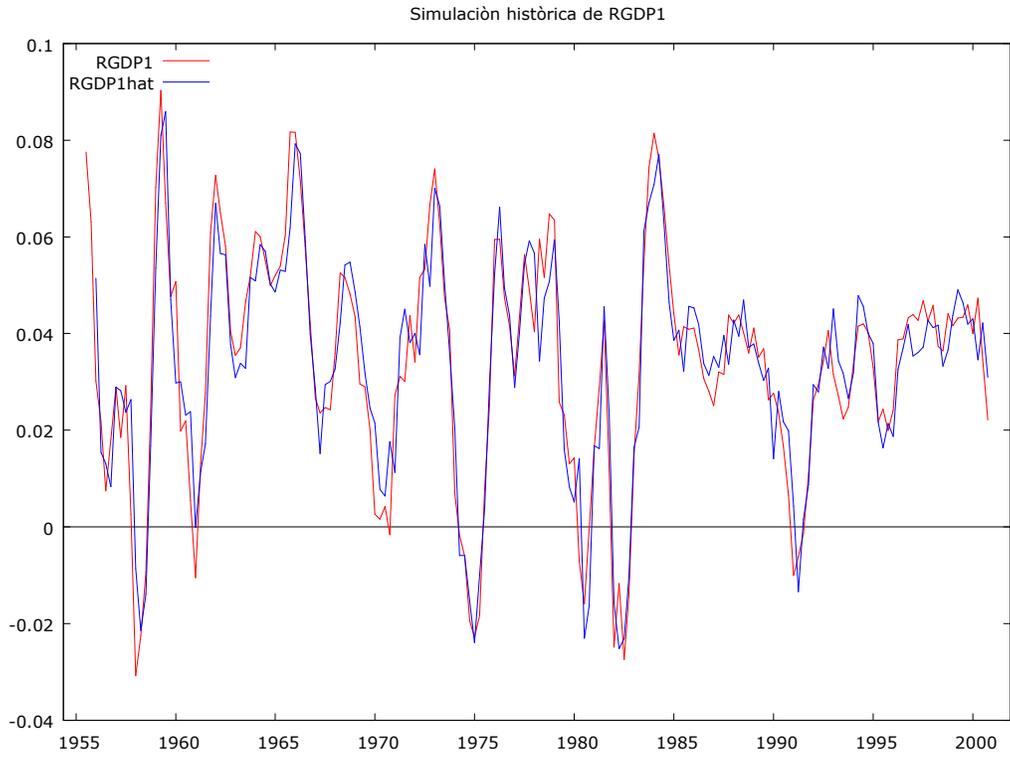
Donde: y_t^f = Valor ajustado de y_t
 y_t = Valor real de y_t
 T = Número de períodos.

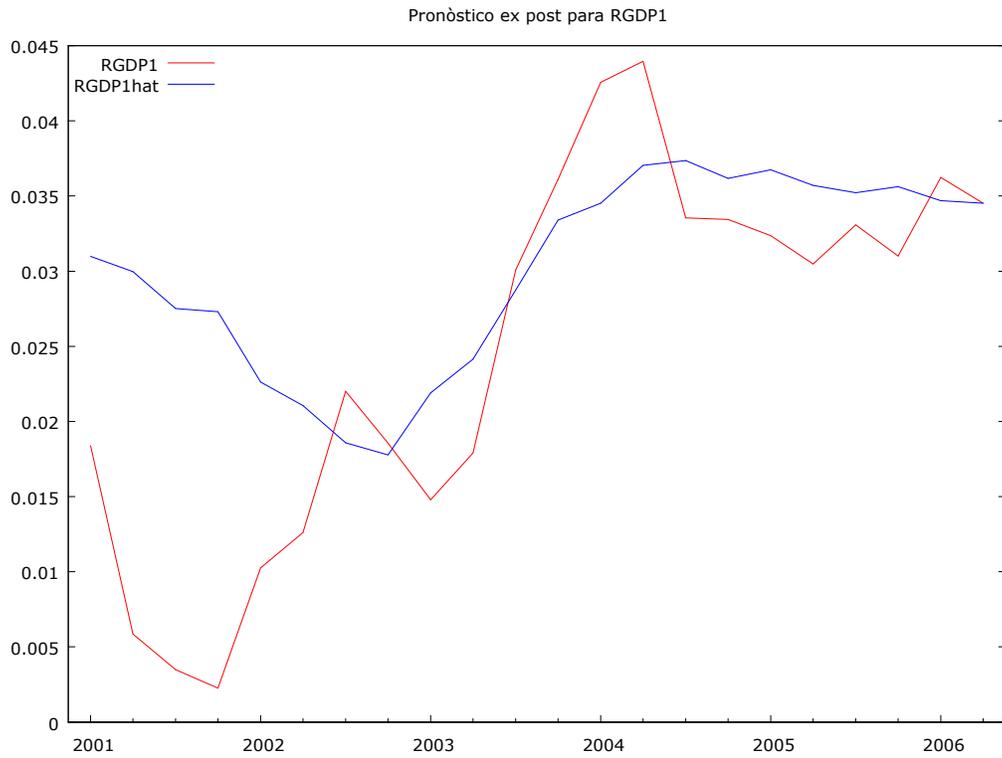
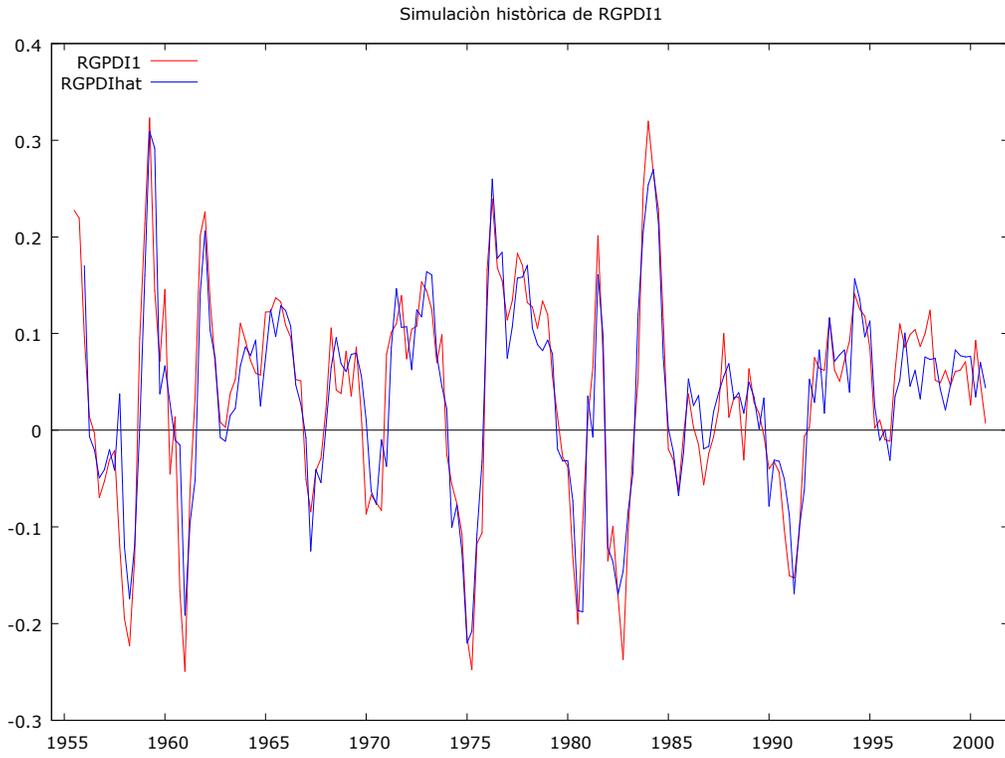
El siguiente criterio utilizado consiste en apreciar si la serie pronosticada es capaz de captar los virajes de la serie real. Por otra parte, una desventaja de los modelos de ecuaciones simultáneas (los modelos VAR son considerados también modelos de ecuaciones simultáneas) es que a diferencia de los modelos uniecuacionales no existe una forma simple de calcular los intervalos de confianza debido a que los errores de pronóstico pueden estar compuestos de una manera compleja por la estructura de retroalimentación del modelo. Sin embargo, en estudios recientes, ha sido posible computar intervalos de confianza para pronóstico utilizando simulación estocástica (Métodos de Montecarlo por ejemplo)¹³.

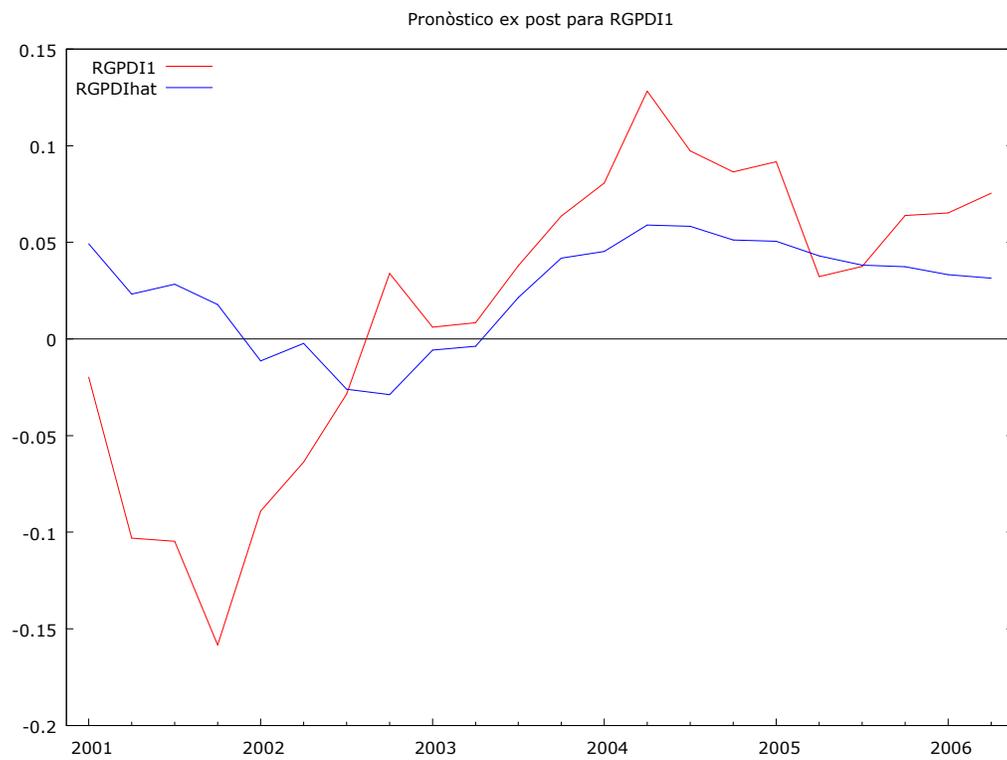
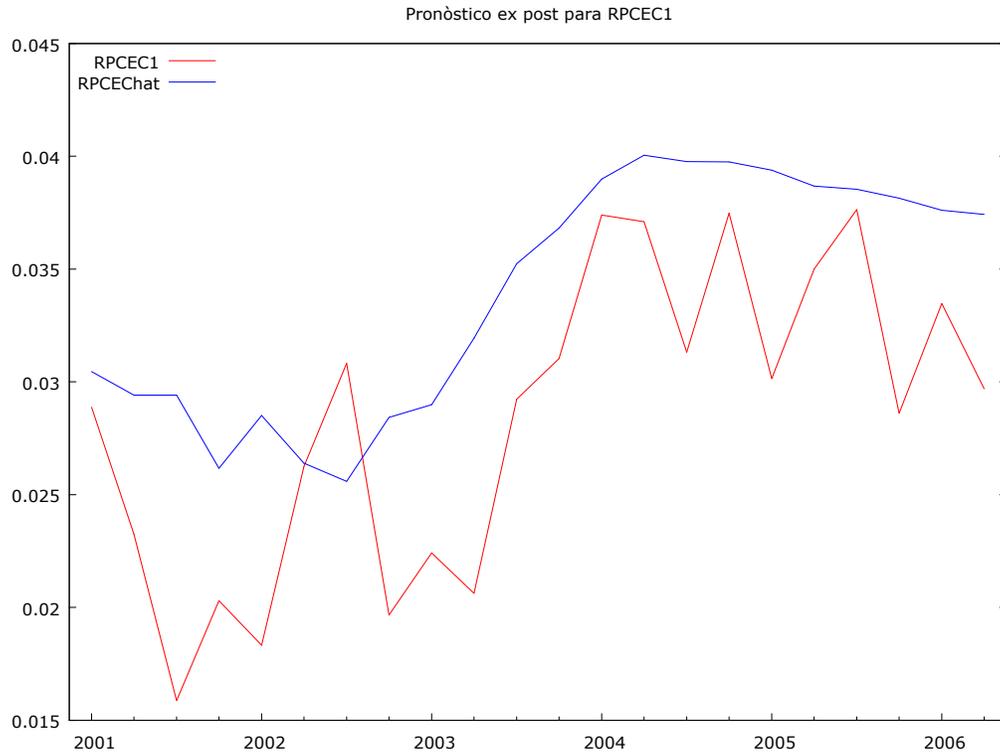
A continuación se muestran las simulaciones históricas, el cálculo de los estadísticos de bondad de ajuste y los pronósticos ex post para las variables: RGDP1, RPCEC1 y RGPDI1.

12. Estos criterios son más útiles si se comparan con modelos alternativos.

13. Un procedimiento podría consistir en calcular mediante muestreo bootstrap los intervalos de confianza para pronóstico. Este método consiste en re-muestrear con reemplazamiento los residuales del modelo estimado para luego construir un conjunto de datos artificiales basándonos en los parámetros estimados originalmente y los residuales re-muestreados. Este es un proceso iterativo que se efectúa al menos 1000 veces hasta alcanzar convergencia.







Resumen de estadísticas para pronóstico ex post T = 22
(2001:01 – 2006:02)

| | RGDP1 | RPCEC1 | RGPD11 |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Media (serie real) | 0.0247028 | 0.02838598 | 0.01551654 |
| Error rms | 0.01063515 | 0.00694855 | 0.06691845 |
| Error porcentual rms | 2.94235021 | 0.32119375 | 1.16271735 |
| Error medio | -0.00536945 | -0.0055083 | -0.00953571 |
| Error porcentual medio | -1.15887003 | -0.23356501 | 0.8374362 |

Fuente: Elaboración propia.

Observamos que en el proceso de simulación histórica, las series simuladas reproducen bastante bien el comportamiento de las series reales. Sin embargo, las estadísticas de bondad de ajuste para el pronóstico ex post de 22 períodos hacia adelante (2001:01 hasta 2006:02), nos indican la presencia de un sesgo sistemático (sin embargo, los valores pronosticados no divergen mucho de los valores reales) a pesar de eso, las series pronosticadas captan muy bien los puntos de viraje de las series reales.

Este comportamiento es típico de los vectores autorregresivos, por tal razón ellos son una herramienta útil y confiable para pronósticos a corto plazo.

VI. CONCLUSIONES.

Tanto la teoría económica como la evidencia empírica vinculan a las disminuciones de la actividad económica agregada con los incrementos en los precios del petróleo.

Los investigadores han sugerido un considerable número de canales a través de los cuales se presenta una relación inversa entre los precios del petróleo y la economía. Entre las principales conclusiones que podemos extraer de este trabajo están:

a. Que las autoridades monetarias responden a los incrementos en los precios del petróleo incrementando las tasas de interés (no neutralidad de la política monetaria), a fin de prevenir la inflación. Sin embargo, incrementan más la brecha recesiva.

b. Al incrementarse las tasas de interés, se retarda la actividad económica agregada. Es decir, existe una disminución en el PIB real, en el consumo pero principalmente en la inversión.

c. Un examen de las funciones de impulso – respuesta del VAR, nos hace concluir que la duración de los impactos de los incrementos en los precios del petróleo es mayor que el impacto de la política monetaria. Esto evidencia que existe un proceso de ajuste de costos que es otro de los canales de transmisión que han sido propuestos por la teoría económica para examinar la relación inversa entre los precios del petróleo y la economía.

d. El modelo de vector autorregresivo que se estimó, reproduce muy bien el comportamiento de las series reales durante el período de estimación. Y en cuanto a los pronósticos fuera del período de estimación (ex post), las series pronosticadas captan los puntos de viraje de las series reales y los valores pronosticados están muy cerca de los valores reales.

Sin embargo, este trabajo tiene las siguientes limitaciones:

a. Dado que las herramientas de simulación de los modelos VAR (funciones impulso – respuesta y descomposición de la varianza del error de predicción) son atemporales y dependen del ordenamiento de las variables. Diferentes tipos de ordenaciones nos conducirán a resultados distintos.

b. Los vectores autorregresivos, son una herramienta de pronóstico muy útil pero solo a corto plazo y alrededor de la cuarta parte de sus parámetros estimados no son significativos estadísticamente hablando. En este aspecto, los modelos estructurales de ecuaciones simultáneas tienen un mejor desempeño para pronóstico a largo plazo y son más parsimoniosos.

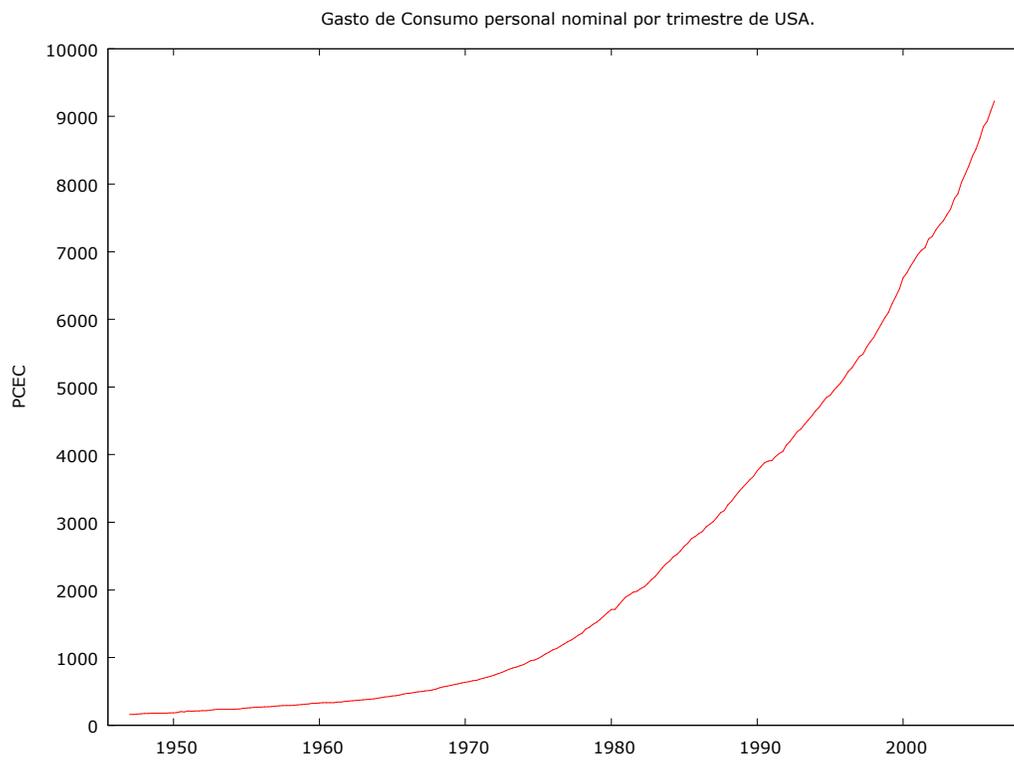
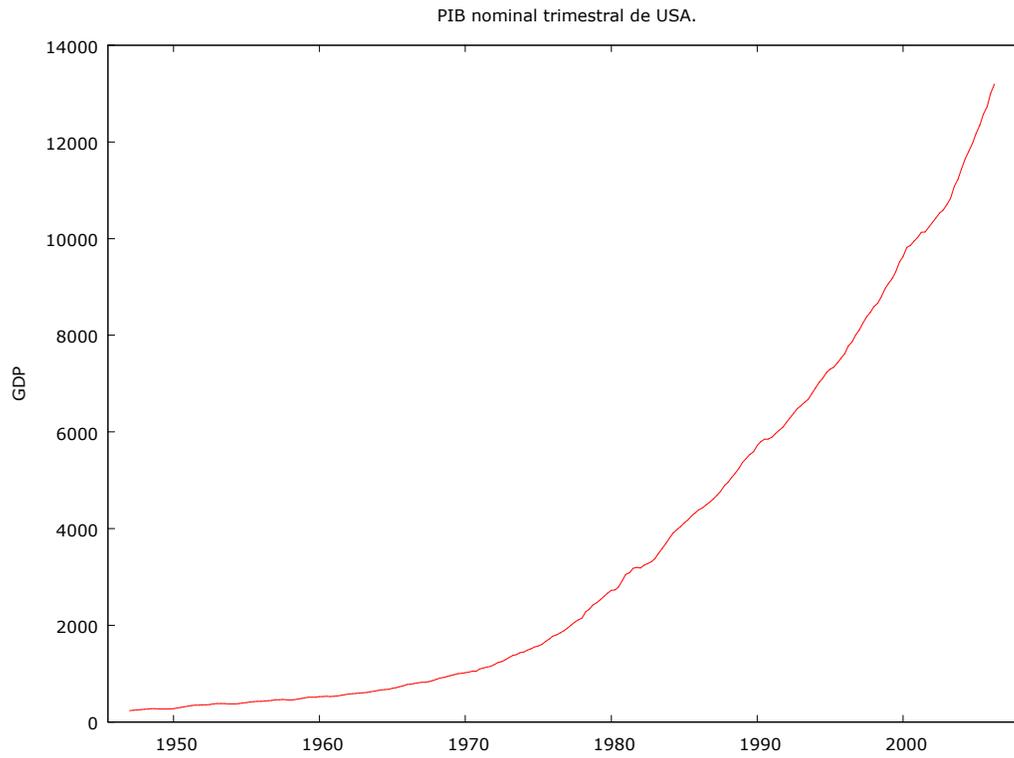
c. Por otro lado, no es posible interpretar los coeficientes estimados de un VAR debido a que no están fundamentados en la teoría económica.

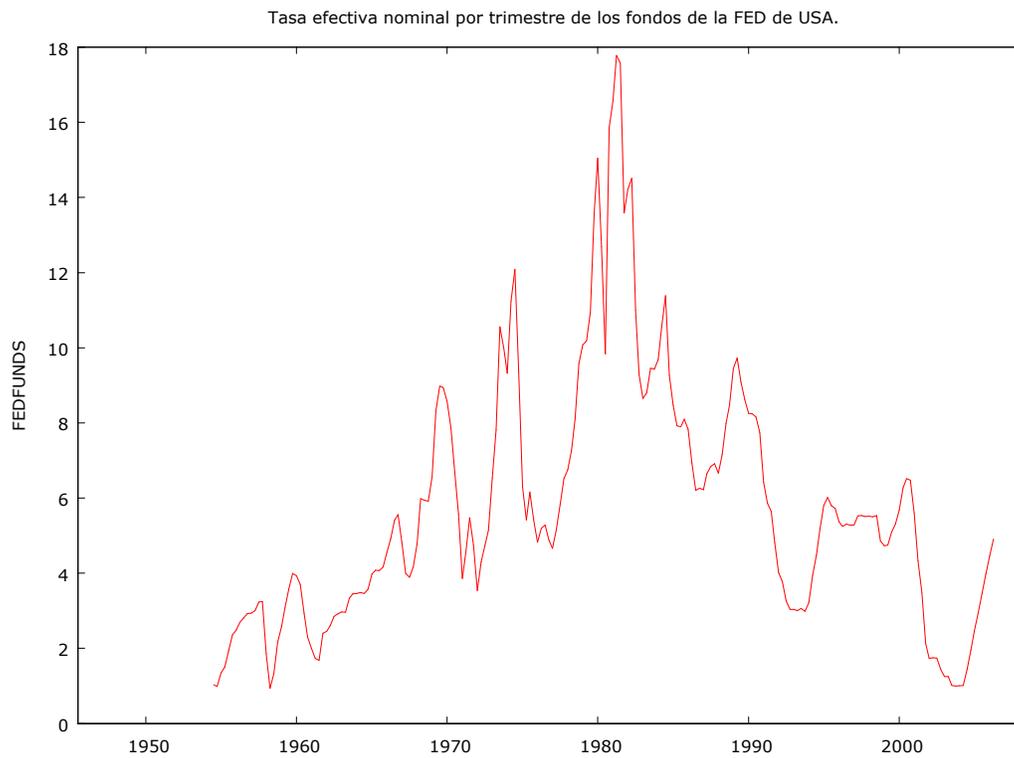
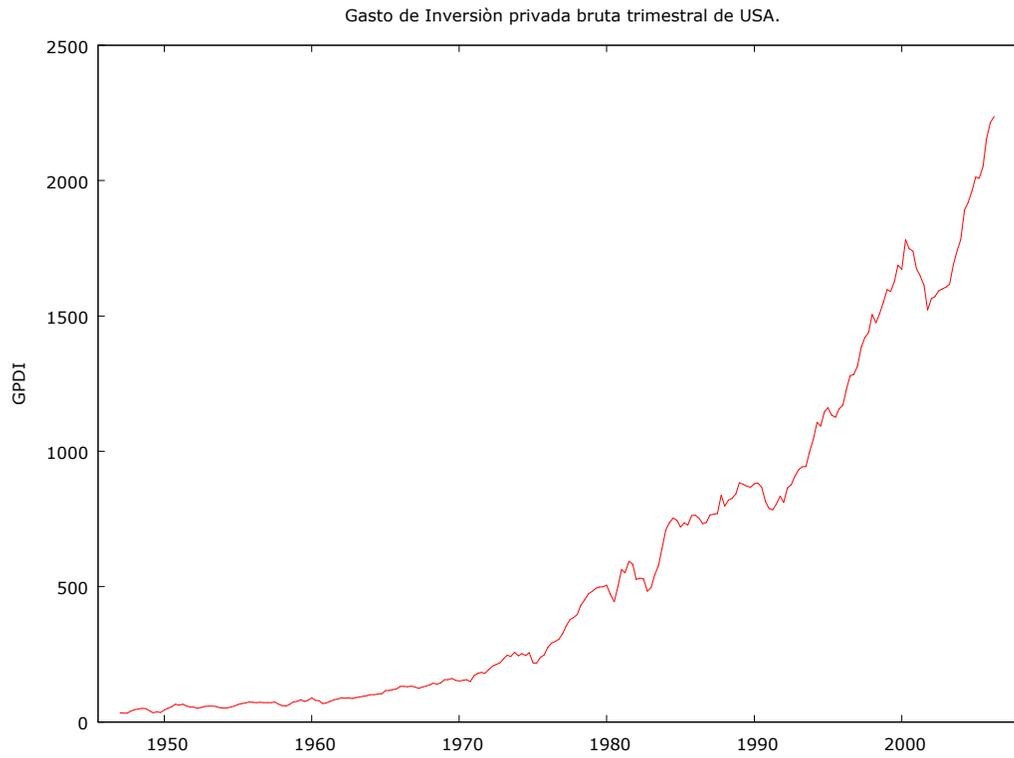
BIBLIOGRAFIA.

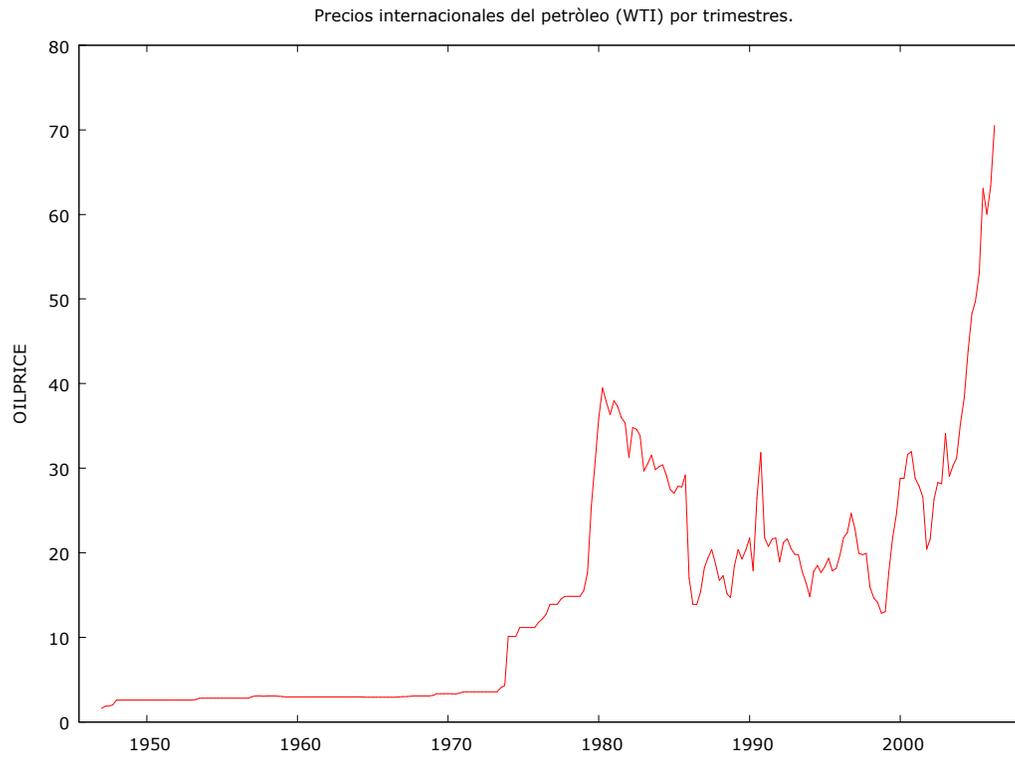
1. Bernanke B.S. Irreversibility, uncertainty and cyclical investment. *Quarterly Journal of Economics*, vol 97 N°1, pp. 86-106.1983.
2. Bernanke B.S, Gertler M and Watson M. Systematic Monetary Policy and the Effects of Oil Price Shocks. *Brookings Papers on Economic Activity* #1, pp 91 -157.
3. Campbell J.Y and Mankiw G. Are output fluctuations transitory? *Quarterly Journal of Economics*. 1987.
4. Cochrane J. Time series for macroeconomics and finance. Graduate School of Business. University of Chicago. 1997.
5. Cologni A and Manera M. The Asymmetric Effects of Oil Shocks on Output Growth: A Markov – Switching Analysis for the G7 Countries. *Fondazione Eni Enrico Mattei. Nota di Lavoro* 29 -2006. 2006.
6. Dornbusch R, Fischer S, Startz R. *Macroeconomía*. Séptima edición. Mc. Graw-Hill. 1998.
7. Granger C.W.J. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, vol 37, pp. 424-438. 1969.
8. Hamilton J.D. Oil and the macroeconomy since World War II. *Journal of Political Economy*, vol 91, pp 228-248.1983
9. Hamilton J.D. What is an oil shock? *Journal of Econometrics*, vol 2, pp. 363-398. 2003.
10. Hamilton, J.D. Oil and the macroeconomy. *Palgrave Dictionary of Economics*. 2005.
11. Huntington Hillard. Shares, gaps, and the economy's response to oil disruptions. *Energy Economics*, vol 26, p. 415. 2004.
12. Jiménez-Rodríguez R and Sánchez M. Oil price shocks and real GDP growth: Empirical evidence for some OECD countries. *European Central Bank. Working paper* N° 362. 2004.
13. Jones D.W, Leiby P.N and Paik I.K. Oil price shocks and the macroeconomy: What has been learned since 1996?. *Oak Ridge National Laboratory and U.S Department of Energy*. 2005.
14. Kwiatkowski D, Phillips P.C.B, Schmidt P and Shin Y. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics* N° 54, pp. 159-178. 1992.

15. Labonte M. The effects of oil shocks on the economy: A review of the empirical evidence. Congressional Research Service. The Library of Congress. 2006.
16. Mehra Y.P and Petersen J.D. Oil prices and consumer spending. Federal Reserve Bank of Richmond Economic Quarterly, vol 91 N° 3. 2005.
17. Mork K. Oil and the macroeconomy when prices go up and down. Journal of Political Economy, vol 97, N° 3, p. 740. 1989.
18. Mork K. Business Cycles and the Oil Market. The Energy Journal, #15. pp 15 -38. 1994.
19. Parkin M. Macroeconomía. Edición especial en español actualizada. Pearson educación. 1995.
20. Pindyck R.S y Rubinfeld D.L. Econometría: modelos y pronósticos. Cuarta edición. Mc.Graw-Hill. 1998.
21. Sims C.A. Macroeconomics and reality. Econometrica, vol 48, pp. 1-48. 1980.
22. Wooldridge Jeffrey. Introductory Econometrics. South-Western College Publishing, Australia. 2000.

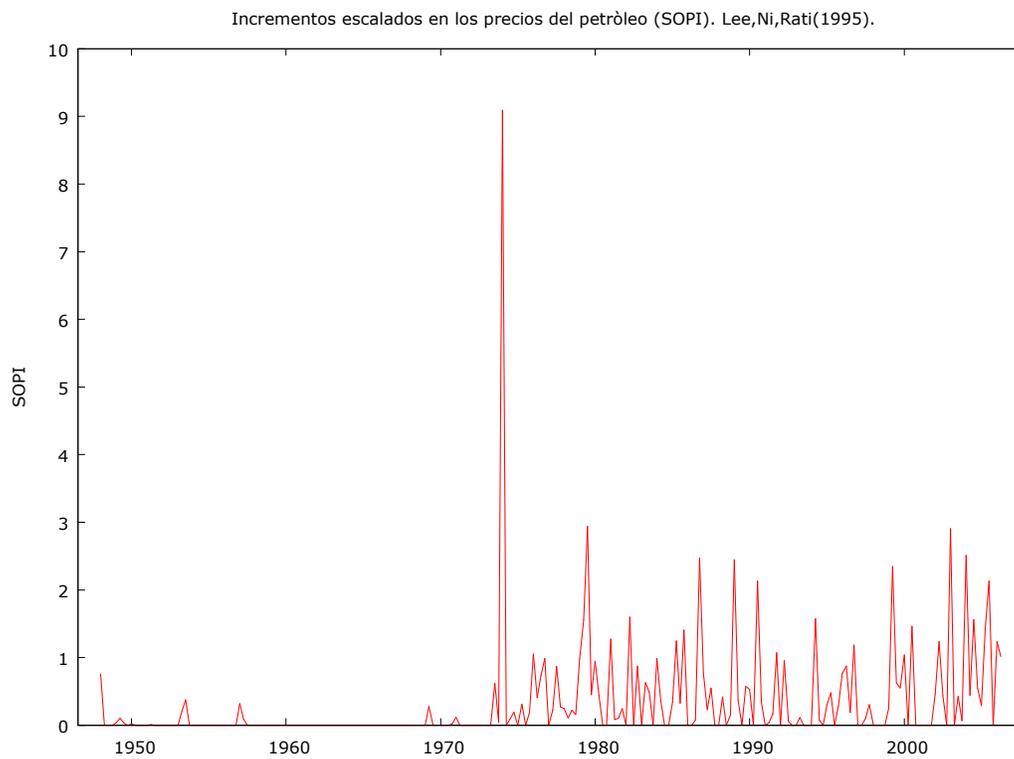
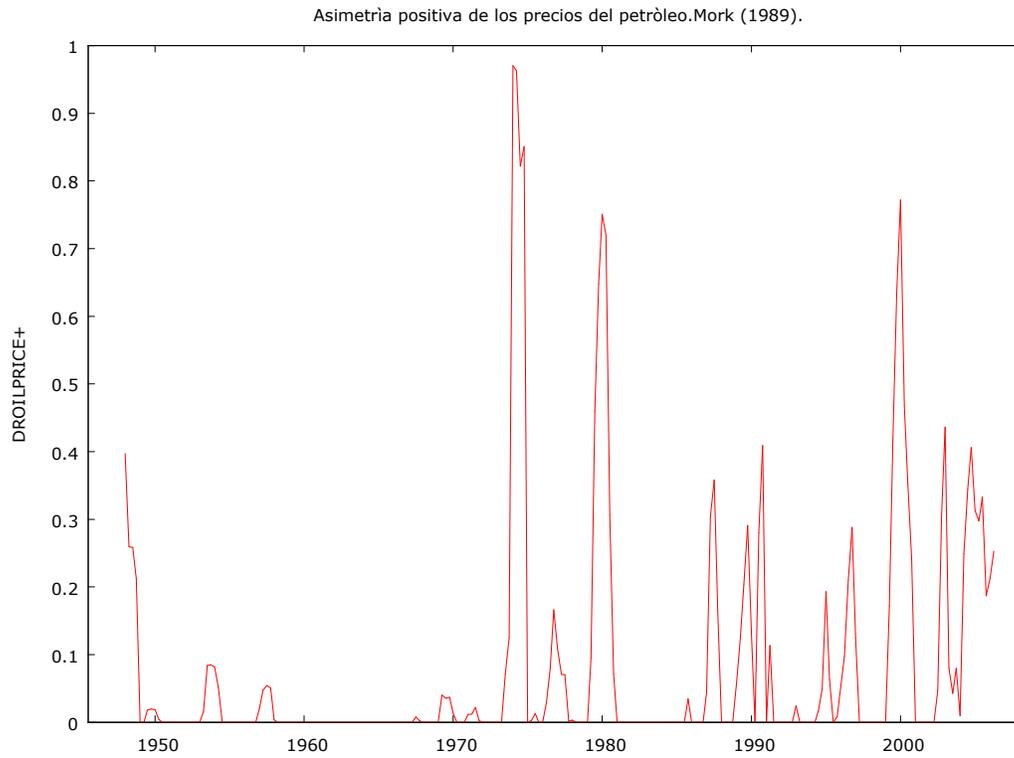
ANEXO I.

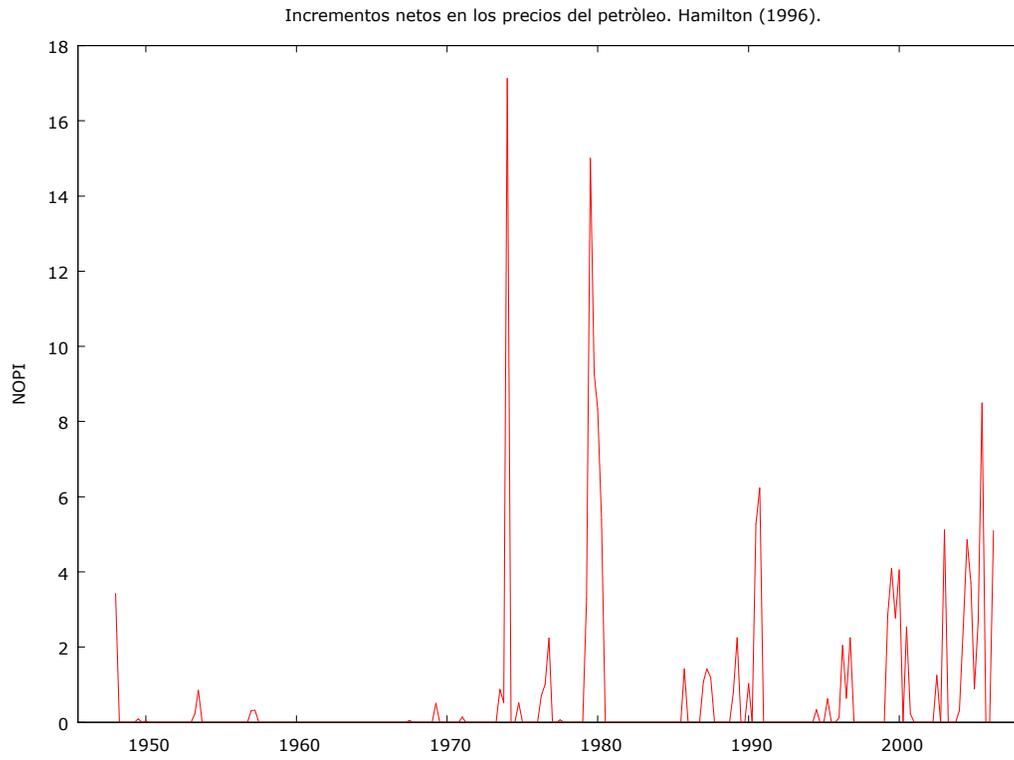
IA. Gráficos de las variables (nominales).





IIA. Enfoques asimétricos de los precios del petróleo.





III.A. Criterios de información.

Existen ocasiones en que el econometrista debe de elegir uno entre muchos modelos alternativos que se pueden utilizar para explicar el comportamiento de un determinado fenómeno económico.

Para llevar a cabo tal tarea, es necesario buscar un criterio que nos permita seleccionar el modelo “óptimo” que vendría a ser aquel que haga un balance entre el grado de bondad de ajuste del modelo (verosimilitud) con su grado de parsimonia (menor cantidad de parámetros y suficientes grados de libertad).

Este balance, se hace necesario debido a que la bondad de ajuste (R^2 simple) se puede incrementar siempre aunque se añadan al lado derecho variables que no son relevantes para el proceso generador de datos. Por la razón expuesta anteriormente se han diseñado los denominados criterios de información que penalizan la inclusión de variables adicionales en el lado derecho. Entre los criterios de información más relevantes que existen se destacan el criterio de información de Akaike (AIC), el criterio de información bayesiano de Schwartz (BIC) y el criterio de información de Hannan – Quinn (HQIC)¹.

Las formulaciones matemáticas de tales criterios son enunciadas a continuación:

$$AIC = l(\hat{\theta}) - k$$

Donde:

$l(\hat{\theta})$: Es el logaritmo de máxima verosimilitud como una función del vector de parámetros estimados ($\hat{\theta}$)

k : Es el número de parámetros estimados independientemente dentro del modelo.

En el caso de modelos estimados por OLS, la función logaritmo de máxima verosimilitud está dada por:

$$l(\hat{\theta}) = -\frac{n}{2}(1 + \log 2\pi - \log n) - \frac{n}{2} \log SSR$$

$$BIC = -2l(\hat{\theta}) + k \log n$$

$$HQIC = -2l(\hat{\theta}) + 2k \log(\log n)$$

Seleccionamos entonces como modelo “óptimo”, al modelo que minimiza estos criterios de información, sin embargo, hay que advertir que la literatura econométrica ha definido de diferentes maneras las fórmulas que se emplean para calcular estos criterios por lo que algunos autores consideran como modelo “óptimo”, al modelo que maximiza tales criterios. En este trabajo usaremos el primer enfoque.

1. Akaike, H. (1974). A New Look at the Statistical Model Identification. IEEE Transaction on Automatic Control. AC – 19. pp: 716 -723.

Hannan, E.J and Quinn, B.G. (1979). The Determination of the Order of an Autoregression. Journal of the Royal Statistical Society, B 41. pp: 190 – 195.

Schwartz, G. (1979). Estimating the dimension of a model. Annals of Statistics 6. pp: 461 – 464.

IVA. Condiciones de estacionariedad en las series de tiempo y contraste KPSS para probar la hipótesis nula de estacionariedad contra la alternativa de una raíz unitaria.

1. Estacionariedad: Decimos que un proceso $\{x_t\}$ es estrictamente estacionario si la función de probabilidad conjunta $\{x_{t-s}, \dots, x_t, \dots, x_{t+s}\}$ es independiente de $t \forall s$.

Un proceso $\{x_t\}$ es débilmente estacionario o estacionario en covarianza si $E(x_t), E(x_t^2)$ son finitos y $E(x_t x_{t-j})$ dependen solamente de j y no de t .

Nótese que:

a. Estacionariedad fuerte (estricta) no implica estacionariedad débil. Por ejemplo, un proceso de Cauchy independiente e idénticamente distribuido es estacionario en sentido estricto, sin embargo, no lo es en covarianzas (sentido débil).

b. Estacionariedad fuerte más $E(x_t), E(x_t^2) < \infty$ implica estacionariedad débil.

c. Estacionariedad débil no implica estacionariedad fuerte. Si el proceso no se distribuye normalmente, otros momentos $E(x_t x_{t-j} x_{t-k})$ podrían depender de t , por lo que el proceso no será estacionario en sentido estricto.

d. Estacionariedad débil más normalidad implica estacionariedad estricta.

2. El contraste KPSS.

Las propiedades de integración en una serie de tiempo, pueden ser determinadas de la siguiente manera:

$$H_0 : y_t \sim I(0)$$

$$H_1 : y_t \sim I(1)$$

Una serie de tiempo es posible descomponerla como la sumatoria de una tendencia determinística, un paseo aleatorio y un término de error estacionario de ruido blanco.

$$y_t = \mu t + r_t + \varepsilon_t$$

$$r_t = r_{t-1} + u_t, u_t \sim N(0, \sigma_u^2)$$

$$\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

Basados en la anterior representación, se pueden replantear las hipótesis iniciales como:

$$H_0 : \sigma_u^2 = 0$$

$$H_1 : \sigma_u^2 > 0$$

Para probar las hipótesis anteriores; Kwiatowsky, Phillips, Schmidt y Shin (1992), propusieron el siguiente estadístico de contraste de multiplicador de Lagrange^{1,2}:

$$\hat{\eta}_\mu = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{S_t^2}{\hat{\sigma}_\infty^2}}{T^2}$$

Donde: $S_t = \sum_{i=1}^t \hat{\varepsilon}_i$, $\hat{\varepsilon}_t = y_t - \bar{y}$

$\hat{\sigma}_\infty^2$: Es un estimador de la varianza de largo plazo de la varianza de largo plazo del proceso ε_t

$$\hat{\sigma}_\infty^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{\text{Var}\left(\sum_{t=1}^T \varepsilon_t\right)}{T}$$

Para estimar la varianza de largo plazo, se utiliza un estimador no paramétrico basado en una ventana de Barlett con un parámetro que representa los rezagos de truncamiento l_q :

$$\hat{\sigma}_\infty^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_t^2 + 2 \sum_{j=1}^{l_q} \omega_j \left(\frac{1}{T} \sum_{t=t+1}^T \hat{\varepsilon}_t \hat{\varepsilon}_{t-j} \right)$$

$$\omega_j = 1 - \frac{j}{l_q + 1}$$

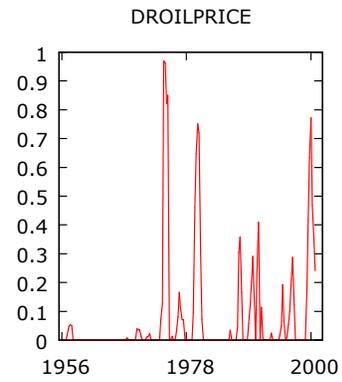
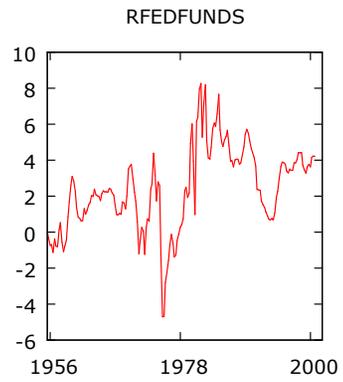
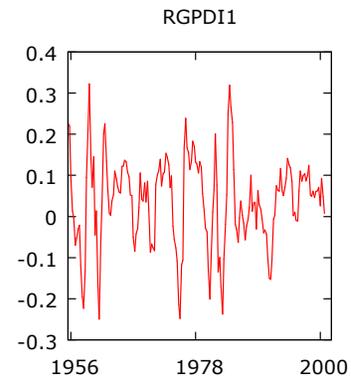
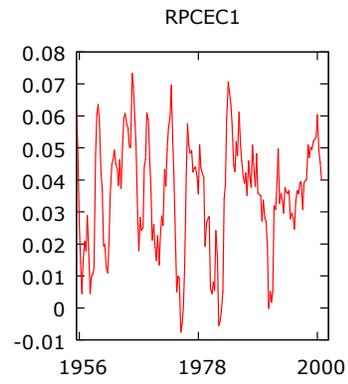
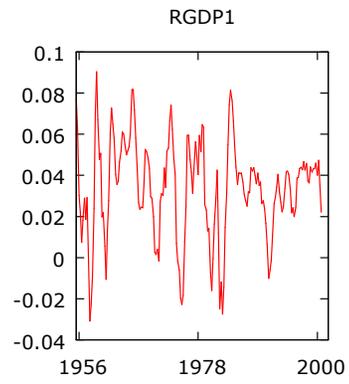
$$l_q = cT^r; c > 0 \wedge 0 < r < 1/2$$

1. Kwiatowsky D, Phillips P.C.B, Schmidt P and Shin Y. (1992). Testing the Null Hypothesis of Stationarity against the Alternative of a Unit Root. Journal of Econometrics 54, pp 159 – 178.

2. Si el valor calculado excede los valores tabulados en el trabajo de Kwiatowsky et.al (1992), rechazamos la hipótesis nula de estacionariedad a determinado nivel de significancia.

ANEXO II

I. Variables incorporadas al VAR.



ANEXO III.

Sistema VAR¹, orden del retardo 6
 Estimaciones de MCO, Observaciones 1956:1-2000:4 (T = 180)
 Log-verosimilitud = 1688.71
 Determinante de la matriz de covarianzas = 4.88366e-015
 AIC = -17.0413
 BIC = -14.2918
 HQC = -15.9265

Ecuación 1: RGDP1

HAC standard errors, bandwidth 4 (Bartlett kernel)

| <i>Variable</i> | <i>Coficiente</i> | <i>Desv. típica</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>valor p</i> | |
|-----------------|-------------------|---------------------|----------------------|----------------|-----|
| const | 0.00351074 | 0.00274138 | 1.2806 | 0.20231 | |
| RGDP1_1 | 0.506256 | 0.173562 | 2.9169 | 0.00408 | *** |
| RGDP1_2 | 0.221812 | 0.233052 | 0.9518 | 0.34276 | |
| RGDP1_3 | -0.192955 | 0.175937 | -1.0967 | 0.27453 | |
| RGDP1_4 | -0.493032 | 0.271051 | -1.8190 | 0.07092 | * |
| RGDP1_5 | 0.102124 | 0.282927 | 0.3610 | 0.71864 | |
| RGDP1_6 | 0.213315 | 0.228296 | 0.9344 | 0.35162 | |
| RPCEC1_1 | 0.467239 | 0.130878 | 3.5700 | 0.00048 | *** |
| RPCEC1_2 | -0.202317 | 0.212616 | -0.9516 | 0.34286 | |
| RPCEC1_3 | 0.118844 | 0.187317 | 0.6345 | 0.52676 | |
| RPCEC1_4 | 0.108732 | 0.211625 | 0.5138 | 0.60816 | |
| RPCEC1_5 | 0.0952885 | 0.224562 | 0.4243 | 0.67194 | |
| RPCEC1_6 | -0.0274918 | 0.184091 | -0.1493 | 0.88149 | |
| RGPDI1_1 | 0.074042 | 0.0312681 | 2.3680 | 0.01917 | ** |
| RGPDI1_2 | -0.0749366 | 0.0403104 | -1.8590 | 0.06500 | * |
| RGPDI1_3 | 0.0287476 | 0.0317554 | 0.9053 | 0.36678 | |
| RGPDI1_4 | -0.0062182 | 0.0431343 | -0.1442 | 0.88557 | |
| RGPDI1_5 | 0.0577887 | 0.0429777 | 1.3446 | 0.18079 | |
| RGPDI1_6 | -0.0603329 | 0.0343417 | -1.7568 | 0.08100 | * |
| RFEDFUNDS_1 | 0.00104408 | 0.000879618 | 1.1870 | 0.23713 | |
| RFEDFUNDS_2 | -0.00368862 | 0.00140292 | -2.6292 | 0.00945 | *** |
| RFEDFUNDS_3 | 0.00198956 | 0.00137072 | 1.4515 | 0.14875 | |
| RFEDFUNDS_4 | -0.00103436 | 0.0009142 | -1.1314 | 0.25969 | |
| RFEDFUNDS_5 | 0.000352327 | 0.00101254 | 0.3480 | 0.72836 | |
| RFEDFUNDS_6 | 0.000736318 | 0.000797345 | 0.9235 | 0.35726 | |
| DROILPRICE_1 | -0.00563669 | 0.00630298 | -0.8943 | 0.37261 | |
| DROILPRICE_2 | -0.00895991 | 0.00790912 | -1.1329 | 0.25909 | |
| DROILPRICE_3 | 0.00374623 | 0.00646937 | 0.5791 | 0.56342 | |
| DROILPRICE_4 | -0.0134063 | 0.00790703 | -1.6955 | 0.09207 | * |
| DROILPRICE_5 | 0.0212937 | 0.00729578 | 2.9186 | 0.00406 | *** |
| DROILPRICE_6 | -0.0112763 | 0.00715482 | -1.5760 | 0.11714 | |

Suma de cuadrados de los residuos = 0.0140213

Desviación típica de los residuos = 0.00970066

 $R^2 = 0.861542$ R^2 corregido = 0.833664

Estadístico F (30, 149) = 141.808 (valor p < 0.00001)

Estadístico de Durbin-Watson = 1.97454

Coef. de autocorr. de primer orden. = -0.00623311

Criterio de información de Akaike = -1130.01

Criterio de información Bayesiano de Schwarz = -1031.02

Criterio de Hannan-Quinn = -1089.87

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de RGDP1 F(6, 149) = 4.7047, valor p 0.0002

Todos los retardos de RPCEC1 F(6, 149) = 3.5844, valor p 0.0024

Todos los retardos de RGPDI1 F(6, 149) = 1.1695, valor p 0.3257

Todos los retardos de RFEDFUNDS F(6, 149) = 2.732, valor p 0.0151

Todos los retardos de DROILPRICE F(6, 149) = 5.5796, valor p 0.0000

Todas las variables, retardo 6 F(5, 149) = 1.3014, valor p 0.2664

Ecuación 2: RPCEC1

HAC standard errors, bandwidth 4 (Bartlett kernel)

| <i>Variable</i> | <i>Coeficiente</i> | <i>Desv. típica</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>valor p</i> | |
|-----------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------|-----|
| const | 0.0077372 | 0.00214558 | 3.6061 | 0.00042 | *** |
| RGDP1_1 | -0.0937745 | 0.149292 | -0.6281 | 0.53088 | |
| RGDP1_2 | 0.0250734 | 0.183815 | 0.1364 | 0.89168 | |
| RGDP1_3 | -0.0390642 | 0.191128 | -0.2044 | 0.83833 | |
| RGDP1_4 | -0.130168 | 0.204133 | -0.6377 | 0.52467 | |
| RGDP1_5 | -0.0417024 | 0.204385 | -0.2040 | 0.83860 | |
| RGDP1_6 | 0.248184 | 0.152495 | 1.6275 | 0.10575 | |
| RPCEC1_1 | 0.992323 | 0.112666 | 8.8076 | <0.00001 | *** |
| RPCEC1_2 | -0.0304913 | 0.156627 | -0.1947 | 0.84591 | |
| RPCEC1_3 | 0.121544 | 0.174664 | 0.6959 | 0.48759 | |
| RPCEC1_4 | -0.456076 | 0.143183 | -3.1853 | 0.00176 | *** |
| RPCEC1_5 | 0.32468 | 0.155819 | 2.0837 | 0.03890 | ** |
| RPCEC1_6 | -0.140624 | 0.133144 | -1.0562 | 0.29259 | |
| RGPDI1_1 | 0.0536156 | 0.0256751 | 2.0882 | 0.03848 | ** |
| RGPDI1_2 | -0.028812 | 0.0281778 | -1.0225 | 0.30820 | |
| RGPDI1_3 | 0.0142632 | 0.0280844 | 0.5079 | 0.61230 | |
| RGPDI1_4 | -0.000436424 | 0.0298047 | -0.0146 | 0.98834 | |
| RGPDI1_5 | 0.0266092 | 0.0285073 | 0.9334 | 0.35211 | |
| RGPDI1_6 | -0.0415802 | 0.0201103 | -2.0676 | 0.04041 | ** |
| RFEDFUNDS_1 | -0.00166345 | 0.00067099 | -2.4791 | 0.01429 | ** |
| RFEDFUNDS_2 | 0.000154846 | 0.000882765 | 0.1754 | 0.86100 | |
| RFEDFUNDS_3 | -0.000122844 | 0.00113485 | -0.1082 | 0.91395 | |
| RFEDFUNDS_4 | 2.27981e-05 | 0.000947338 | 0.0241 | 0.98083 | |
| RFEDFUNDS_5 | 0.00205192 | 0.000917162 | 2.2373 | 0.02675 | ** |
| RFEDFUNDS_6 | -0.000386008 | 0.000650275 | -0.5936 | 0.55367 | |
| DROILPRICE_1 | -0.00071186 | 0.00617024 | -0.1154 | 0.90831 | |
| DROILPRICE_2 | -0.00513883 | 0.00521781 | -0.9849 | 0.32629 | |
| DROILPRICE_3 | -0.00855179 | 0.0082134 | -1.0412 | 0.29947 | |
| DROILPRICE_4 | -0.00240858 | 0.00772516 | -0.3118 | 0.75564 | |
| DROILPRICE_5 | 0.0146548 | 0.00590738 | 2.4808 | 0.01422 | ** |
| DROILPRICE_6 | -0.00868926 | 0.00582974 | -1.4905 | 0.13821 | |

Suma de cuadrados de los residuos = 0.00935285

Desviación típica de los residuos = 0.0079228

$R^2 = 0.836282$

R^2 corregido = 0.803319

Estadístico F (30, 149) = 95.3283 (valor p < 0.00001)

Estadístico de Durbin-Watson = 2.0269

Coef. de autocorr. de primer orden. = -0.0331016

Criterio de información de Akaike = -1202.89

Criterio de información Bayesiano de Schwarz = -1103.91

Criterio de Hannan-Quinn = -1162.75

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de RGDP1 F(6, 149) = 0.9655, valor p 0.4507

Todos los retardos de RPCEC1 F(6, 149) = 39.178, valor p 0.0000

Todos los retardos de RGPDI1 F(6, 149) = 1.6798, valor p 0.1297

Todos los retardos de RFEDFUNDS F(6, 149) = 3.0867, valor p 0.0071

Todos los retardos de DROILPRICE F(6, 149) = 5.448, valor p 0.0000

Todas las variables, retardo 6 F(5, 149) = 1.6954, valor p 0.1391

Ecuación 3: RGPDI1

HAC standard errors, bandwidth 4 (Bartlett kernel)

| <i>Variable</i> | <i>Coeficiente</i> | <i>Desv. típica</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>valor p</i> | |
|-----------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------|-----|
| const | -0.00810532 | 0.0132259 | -0.6128 | 0.54092 | |
| RGDP1_1 | -1.81599 | 0.908923 | -1.9980 | 0.04754 | ** |
| RGDP1_2 | 1.70333 | 1.14954 | 1.4817 | 0.14052 | |
| RGDP1_3 | -1.43756 | 1.10708 | -1.2985 | 0.19612 | |
| RGDP1_4 | 0.229057 | 1.04072 | 0.2201 | 0.82610 | |
| RGDP1_5 | -2.50656 | 1.40166 | -1.7883 | 0.07576 | * |
| RGDP1_6 | 0.984806 | 0.943099 | 1.0442 | 0.29807 | |
| RPCEC1_1 | 3.00606 | 0.75354 | 3.9893 | 0.00010 | *** |
| RPCEC1_2 | -1.92894 | 1.06025 | -1.8193 | 0.07087 | * |
| RPCEC1_3 | 0.607831 | 0.977407 | 0.6219 | 0.53497 | |
| RPCEC1_4 | 1.04167 | 0.982325 | 1.0604 | 0.29067 | |
| RPCEC1_5 | 1.22776 | 1.19642 | 1.0262 | 0.30646 | |
| RPCEC1_6 | -0.354258 | 0.709035 | -0.4996 | 0.61807 | |
| RGPDI1_1 | 1.07797 | 0.123363 | 8.7382 | <0.00001 | *** |
| RGPDI1_2 | -0.497848 | 0.185501 | -2.6838 | 0.00810 | *** |
| RGPDI1_3 | 0.214422 | 0.150179 | 1.4278 | 0.15545 | |
| RGPDI1_4 | -0.480211 | 0.183208 | -2.6211 | 0.00967 | *** |
| RGPDI1_5 | 0.7146 | 0.214301 | 3.3346 | 0.00108 | *** |
| RGPDI1_6 | -0.320868 | 0.14644 | -2.1911 | 0.03000 | ** |
| RFEDFUNDS_1 | 0.0114438 | 0.00489955 | 2.3357 | 0.02084 | ** |
| RFEDFUNDS_2 | -0.0169274 | 0.00697239 | -2.4278 | 0.01638 | ** |
| RFEDFUNDS_3 | 0.00641059 | 0.00544413 | 1.1775 | 0.24086 | |
| RFEDFUNDS_4 | -0.00440447 | 0.00544102 | -0.8095 | 0.41952 | |
| RFEDFUNDS_5 | -0.00383031 | 0.00643325 | -0.5954 | 0.55248 | |
| RFEDFUNDS_6 | 0.00260525 | 0.00395683 | 0.6584 | 0.51129 | |
| DROILPRICE_1 | -0.000733566 | 0.0311829 | -0.0235 | 0.98126 | |
| DROILPRICE_2 | -0.0538669 | 0.0365472 | -1.4739 | 0.14262 | |
| DROILPRICE_3 | 0.0522756 | 0.0462457 | 1.1304 | 0.26013 | |
| DROILPRICE_4 | -0.108605 | 0.0557059 | -1.9496 | 0.05310 | * |
| DROILPRICE_5 | 0.10498 | 0.0470989 | 2.2289 | 0.02732 | ** |
| DROILPRICE_6 | -0.0367795 | 0.0363488 | -1.0118 | 0.31325 | |

Suma de cuadrados de los residuos = 0.326971
 Desviación típica de los residuos = 0.0468448
 $R^2 = 0.838139$
 R^2 corregido = 0.80555
 Estadístico F (30, 149) = 131.848 (valor p < 0.00001)
 Estadístico de Durbin-Watson = 2.0107
 Coef. de autocorr. de primer orden. = -0.0157165
 Criterio de información de Akaike = -563.134
 Criterio de información Bayesiano de Schwarz = -464.152
 Criterio de Hannan-Quinn = -523.001
 Contrastes F de restricciones cero:
 Todos los retardos de RGDP1 F(6, 149) = 4.1318, valor p 0.0007
 Todos los retardos de RPCEC1 F(6, 149) = 7.3709, valor p 0.0000
 Todos los retardos de RGPDI1 F(6, 149) = 29.208, valor p 0.0000
 Todos los retardos de RFEDFUNDS F(6, 149) = 3.3611, valor p 0.0039
 Todos los retardos de DROILPRICE F(6, 149) = 2.3117, valor p 0.0366
 Todas las variables, retardo 6 F(5, 149) = 1.6013, valor p 0.1632

Ecuación 4: RFEDFUNDS

HAC standard errors, bandwidth 4 (Bartlett kernel)

| <i>Variable</i> | <i>Coefficiente</i> | <i>Desv. típica</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>valor p</i> | |
|-----------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------|-----|
| const | -0.0898476 | 0.180476 | -0.4978 | 0.61933 | |
| RGDP1_1 | -7.46564 | 10.911 | -0.6842 | 0.49489 | |
| RGDP1_2 | 30.0095 | 18.9165 | 1.5864 | 0.11476 | |
| RGDP1_3 | 15.3113 | 16.9491 | 0.9034 | 0.36779 | |
| RGDP1_4 | -16.7456 | 18.0543 | -0.9275 | 0.35516 | |
| RGDP1_5 | -14.0289 | 15.4722 | -0.9067 | 0.36602 | |
| RGDP1_6 | -22.3282 | 19.531 | -1.1432 | 0.25478 | |
| RPCEC1_1 | 31.9482 | 14.6219 | 2.1850 | 0.03045 | ** |
| RPCEC1_2 | -41.7469 | 23.9352 | -1.7442 | 0.08319 | * |
| RPCEC1_3 | 4.30738 | 17.0946 | 0.2520 | 0.80141 | |
| RPCEC1_4 | 5.29991 | 13.9952 | 0.3787 | 0.70545 | |
| RPCEC1_5 | 29.9871 | 16.4263 | 1.8256 | 0.06992 | * |
| RPCEC1_6 | -5.13224 | 13.2545 | -0.3872 | 0.69916 | |
| RGPDI1_1 | 1.74137 | 1.99924 | 0.8710 | 0.38515 | |
| RGPDI1_2 | -4.60302 | 2.93805 | -1.5667 | 0.11931 | |
| RGPDI1_3 | -3.19715 | 2.34023 | -1.3662 | 0.17394 | |
| RGPDI1_4 | -1.51977 | 2.95596 | -0.5141 | 0.60792 | |
| RGPDI1_5 | 4.35762 | 2.36017 | 1.8463 | 0.06683 | * |
| RGPDI1_6 | 2.21167 | 2.5402 | 0.8707 | 0.38534 | |
| RFEDFUNDS_1 | 0.880069 | 0.124221 | 7.0847 | <0.00001 | *** |
| RFEDFUNDS_2 | -0.179208 | 0.223782 | -0.8008 | 0.42452 | |
| RFEDFUNDS_3 | 0.337248 | 0.153377 | 2.1988 | 0.02943 | ** |
| RFEDFUNDS_4 | 0.0563817 | 0.155088 | 0.3635 | 0.71671 | |
| RFEDFUNDS_5 | 0.148224 | 0.193604 | 0.7656 | 0.44512 | |
| RFEDFUNDS_6 | -0.349884 | 0.116583 | -3.0012 | 0.00315 | *** |
| DROILPRICE_1 | 0.263465 | 0.595157 | 0.4427 | 0.65864 | |
| DROILPRICE_2 | 0.126025 | 0.735136 | 0.1714 | 0.86412 | |
| DROILPRICE_3 | -1.03445 | 0.775824 | -1.3334 | 0.18445 | |

| | | | | | |
|--------------|-----------|----------|---------|---------|----|
| DROILPRICE_4 | -0.167324 | 0.684449 | -0.2445 | 0.80721 | |
| DROILPRICE_5 | 1.62303 | 0.748223 | 2.1692 | 0.03166 | ** |
| DROILPRICE_6 | -0.212331 | 0.573373 | -0.3703 | 0.71167 | |

Suma de cuadrados de los residuos = 100.645

Desviación típica de los residuos = 0.82187

$R^2 = 0.894788$

R^2 corregido = 0.873604

Estadístico F (30, 149) = 151.662 (valor p < 0.00001)

Estadístico de Durbin-Watson = 1.9751

Coef. de autocorr. de primer orden. = 0.00362384

Criterio de información de Akaike = 468.174

Criterio de información Bayesiano de Schwarz = 567.155

Criterio de Hannan-Quinn = 508.307

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de RGDP1 F(6, 149) = 2.2519, valor p 0.0414

Todos los retardos de RPCEC1 F(6, 149) = 1.5708, valor p 0.1595

Todos los retardos de RGPDI1 F(6, 149) = 2.8278, valor p 0.0123

Todos los retardos de RFEDFUNDS F(6, 149) = 372.68, valor p 0.0000

Todos los retardos de DROILPRICE F(6, 149) = 2.1976, valor p 0.0463

Todas las variables, retardo 6 F(5, 149) = 2.4041, valor p 0.0395

Ecuación 5: DROILPRICE

HAC standard errors, bandwidth 4 (Bartlett kernel)

| <i>Variable</i> | <i>Coeficiente</i> | <i>Desv. típica</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>valor p</i> | |
|-----------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------|----|
| const | -0.00447638 | 0.0197678 | -0.2264 | 0.82116 | |
| RGDP1_1 | -2.51265 | 2.25545 | -1.1140 | 0.26706 | |
| RGDP1_2 | 2.31766 | 2.10215 | 1.1025 | 0.27201 | |
| RGDP1_3 | 2.82185 | 1.56596 | 1.8020 | 0.07357 | * |
| RGDP1_4 | -0.297104 | 1.50175 | -0.1978 | 0.84344 | |
| RGDP1_5 | -0.0362353 | 1.7048 | -0.0213 | 0.98307 | |
| RGDP1_6 | -2.24097 | 1.60127 | -1.3995 | 0.16374 | |
| RPCEC1_1 | 2.24863 | 2.00327 | 1.1225 | 0.26346 | |
| RPCEC1_2 | -3.14416 | 1.86119 | -1.6893 | 0.09325 | * |
| RPCEC1_3 | -1.6832 | 1.27799 | -1.3171 | 0.18984 | |
| RPCEC1_4 | 1.86022 | 2.36696 | 0.7859 | 0.43317 | |
| RPCEC1_5 | 0.423095 | 2.12818 | 0.1988 | 0.84269 | |
| RPCEC1_6 | 1.07409 | 1.54015 | 0.6974 | 0.48664 | |
| RGPDI1_1 | 0.516502 | 0.277758 | 1.8595 | 0.06492 | * |
| RGPDI1_2 | -0.493833 | 0.332143 | -1.4868 | 0.13918 | |
| RGPDI1_3 | -0.394746 | 0.253751 | -1.5556 | 0.12191 | |
| RGPDI1_4 | -0.0710794 | 0.266451 | -0.2668 | 0.79002 | |
| RGPDI1_5 | 0.0861531 | 0.22713 | 0.3793 | 0.70500 | |
| RGPDI1_6 | 0.272094 | 0.165763 | 1.6415 | 0.10281 | |
| RFEDFUNDS_1 | -0.00289651 | 0.00945139 | -0.3065 | 0.75968 | |
| RFEDFUNDS_2 | 0.0138444 | 0.0203108 | 0.6816 | 0.49653 | |
| RFEDFUNDS_3 | -0.0226954 | 0.0159366 | -1.4241 | 0.15651 | |
| RFEDFUNDS_4 | 0.0325048 | 0.0160292 | 2.0278 | 0.04436 | ** |
| RFEDFUNDS_5 | -0.00592079 | 0.0149548 | -0.3959 | 0.69274 | |
| RFEDFUNDS_6 | -0.014775 | 0.00763278 | -1.9357 | 0.05479 | * |

| | | | | | |
|--------------|------------|-----------|---------|----------|-----|
| DROILPRICE_1 | 0.957344 | 0.115214 | 8.3092 | <0.00001 | *** |
| DROILPRICE_2 | -0.164399 | 0.130096 | -1.2637 | 0.20832 | |
| DROILPRICE_3 | 0.0882204 | 0.125156 | 0.7049 | 0.48198 | |
| DROILPRICE_4 | -0.396575 | 0.177701 | -2.2317 | 0.02713 | ** |
| DROILPRICE_5 | 0.326673 | 0.187828 | 1.7392 | 0.08406 | * |
| DROILPRICE_6 | -0.0932859 | 0.0830347 | -1.1235 | 0.26305 | |

Suma de cuadrados de los residuos = 1.82493

Desviación típica de los residuos = 0.11067

$R^2 = 0.718779$

R^2 corregido = 0.662157

Estadístico F (30, 149) = 28.1898 (valor p < 0.00001)

Estadístico de Durbin-Watson = 1.99646

Coef. de autocorr. de primer orden. = 0.00064527

Criterio de información de Akaike = -253.637

Criterio de información Bayesiano de Schwarz = -154.655

Criterio de Hannan-Quinn = -213.504

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de RGDP1 F(6, 149) = 1.4071, valor p 0.2155

Todos los retardos de RPCEC1 F(6, 149) = 1.6635, valor p 0.1338

Todos los retardos de RGPDII F(6, 149) = 1.3154, valor p 0.2537

Todos los retardos de RFEDFUNDS F(6, 149) = 1.6423, valor p 0.1393

Todos los retardos de DROILPRICE F(6, 149) = 65.965, valor p 0.0000

Todas las variables, retardo 6 F(5, 149) = 1.7289, valor p 0.1314

Para el sistema en conjunto

Hipótesis nula: el retardo más largo es 5

Hipótesis alternativa: el retardo más largo es 6

Contraste de razón de verosimilitudes: Chi-cuadrado(25) = 60.1678 (valor p 0.000099)