

# **Impactos de cambios en el precio del petróleo y la política monetaria de Estados Unidos sobre el empleo sectorial en Puerto Rico<sup>1</sup>**

Wilfredo Toledo<sup>2</sup>  
Julio César Hernández<sup>3</sup>

## **Resumen**

Este trabajo estudia el efecto del precio del petróleo sobre el empleo sectorial en Puerto Rico. Ésta evaluación se hace en modelos de vectores autoregresivos (VAR) frecuencia trimestral para el período de 1990:1 a 2007:1. Además, las estimaciones de los modelos VAR controlan por la tasa de los fondos federales como el indicador de la política monetaria. Se encontró que tanto el precio del petróleo como la tasa de interés explican parte de oscilaciones alrededor de su tendencia del empleo de los sectores. Es importante destacar que el precio del petróleo resulta ser más importante que la tasa de interés de los fondos federales explicando las variaciones del empleo total en Puerto Rico.

JEL classification codes E24, E42

Unidad de Investigaciones Económicas  
Departamento de Economía  
Universidad de Puerto Rico  
Recinto de Río Piedras  
Ensayos y Monografías  
Número 140  
noviembre 2008

---

<sup>1</sup> Parte de este trabajo se realizó mientras el Prof. Wilfredo Toledo disfrutaba de un descargue para investigación otorgado por la Facultad de Ciencias Sociales.

<sup>2</sup> Catedrático de Economía, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Río Piedras.

<sup>3</sup> Estudiante de nivel doctoral en economía, Universidad de Michigan en Kalamazoo.

## I. Introducción<sup>4</sup>

Alzas en el precio del petróleo han sido considerados como una de las causas del ciclo económico a partir de los años 1970's. El primer estudio principal sobre este tema es Hamilton (1983), quién estima, utilizando un modelo de vectores auto-regresivos (VAR), una correlación negativa entre el precio del petróleo y la tasa de crecimiento del PNB en los Estados Unidos. Rotemberg y Woodford (1996) encuentran, para ese mismo país, que un aumento de un por ciento en la tasa de crecimiento del precio del petróleo reduce en .25% la parte privada del PNB.

Otros trabajos cuyos resultados coinciden con los citados son Dotsey y Reid (1992) y Burbidge y Harrison (1984), aunque estos últimos autores encuentran una relación entre la actividad económica y el precio de petróleo más débil que la reportada por Hamilton.

Estos análisis han sido ampliados para examinar la simetría de los efectos de cambios en el precio de petróleo sobre la trayectoria de la economía. Mork (1989) halla que el crecimiento del PNB real en E.E.U.U está negativamente asociado a la tasa de crecimiento del precio del petróleo, pero no está correlacionado con reducciones en el precio de este factor de producción. Evidencia adicional que documenta esta asimetría es presentada por Raymond y Rich (1997).

Como casi todo tema en macroeconomía no existe consenso entre los economistas sobre la importancia de los precios del petróleo sobre el desempeño de la economía. Kim y Loungani (1992) incluyen el precio de este insumo de producción en un modelo de ciclos económicos reales de equilibrio y hallan que los cambios inesperados en tecnología siguen siendo la fuente principal de las fluctuaciones económicas en este tipo de modelo. Resultados similares son informados por Hooker (1996) y Darby (1982). Tobin (1980) afirma que la importancia de los precios del petróleo en los ciclos económicos ha sido sobre-estimada.

Para el caso de Puerto Rico, Toledo (1997) examina el efecto del precio del petróleo y la oferta monetaria interna, sobre el crecimiento del empleo, usando datos trimestrales para el período de a 1976:1 a 1991:1. En un modelo de vectores autoregresivos (VAR) para estas tres variables, ese autor encuentra que un aumento inesperado en el precio del petróleo reduce la tasa de crecimiento del empleo por varios trimestres. Ese autor encuentra que, impulsos en el este precio explican cerca de 11% de la varianza de error de proyección del empleo al cabo de cuatro trimestres, 31% luego de ocho trimestres y cerca del 65% al cabo de 20 trimestres. Alameda y Mann (1989) afirman que la importancia de esta variable sobre la actividad económica en Puerto Rico se ha reducido a partir de 1973. Arguyen estos autores que cambios económicos estructurales explican este comportamiento.

---

<sup>4</sup> Esta sección y la siguiente se basan en Toledo (2007).

Dos puntos que se le han sumado a la discusión sobre el efecto del precio del petróleo sobre la actividad económica son: los impactos de las medidas de política monetaria que se han implantado para controlar la inflación bajo esta situación, y los efectos sectoriales de los impulsos en dicho precio. Se ha entendido que la estanflación de la década del '70 en los Estados Unidos responde principalmente a cambios en la política monetaria y no a cambios en los precios del petróleo a nivel internacional. Estudios como los de Barsky y Kilian (2001) arguyen que los cambios en la política monetaria afectan los precios del petróleo y de otros bienes. Keane y Parasad (1996) examinan los efectos desiguales de alteraciones en el precio del petróleo sobre los procesos productivos de los distintos sectores económicos.

El objetivo de este trabajo es examinar el efecto del precio del petróleo sobre el empleo sectorial en Puerto Rico, para poder evaluar la importancia relativa de cambios en este precio sobre el empleo se incluye además la tasa de interés de préstamos interbancarios<sup>5</sup> de corto plazo (tasa de los fondos federales) como el indicador de la política monetaria. Esa evaluación se hace en modelos de vectores autoregresivos (VAR).

La organización del resto del trabajo es como sigue. La próxima sección se dedica a discutir los mecanismos de propagación del precio del petróleo a la economía, mientras que en la sección III se exponen algunos aspectos de la política monetaria relevante para esta investigación. La sección IV contiene los resultados de la estimación y en la última parte se presentan las conclusiones.

## **II. Mecanismos de propagación del precio del petróleo a la actividad económica**

En esta sección se discuten los mecanismos de transferencia de cambios en el precio del petróleo a la actividad económica. Se espera que un aumento en los costos de un insumo de producción disminuya la oferta de los productos y servicios provistos por la empresa privada. A pesar de esto, Rotemberg y Woodford (1996) afirman que el precio de este insumo representa una parte ínfima del costo marginal promedio de las empresas en los Estados Unidos, lo que da paso a se identifiquen otros posibles canales por los cuales cambios en dicha variable se transmiten a la economía. A continuación evaluaremos como los salarios, la inflación y los ajustes sectoriales funcionan como los mecanismos de transmisión.

**El Salario real.** Aumentos en el precio del petróleo pueden incrementar el nivel general de precios y si los salarios nominales se mantienen fijos o se incrementan en una proporción menor que el nivel general de precios, entonces se reducirían los salarios reales lo que conduce a un aumento en el nivel de ocio y una baja en el poder adquisitivo de los consumidores. Por consiguiente, merma el consumo, la producción real, y la demanda laboral y los empleos.

---

<sup>5</sup> Rodríguez y Toledo (2007) examinan a fondo el efecto de dicha tasa de interés sobre la actividad económica en Puerto Rico.

De acuerdo al trabajo de Rotemberg y Woodford (1996) alzas de un por ciento en el precio del petróleo reduce el salario real por 0.10 por ciento en los Estados Unidos. La reducción máxima en  $W/P$  ocurre dos años luego del shock. Huzinga (1993), en un análisis realizado para ese mismo país, con datos de 1954 a 1989, estima que un aumento de una desviación estándar de dicho precio disminuye el nivel de la inversión por 0.72 por ciento.

**La Inflación.** Otro mecanismo de transmisión que se ha identificado es la tasa inflacionaria. De acuerdo a este enfoque las alzas en el precio del petróleo aumentan la tasa inflacionaria y la incertidumbre sobre ésta. Esta incertidumbre, sobre el nivel futuro de la inflación, distorsiona las decisiones de los agentes económicos (principalmente los productores) y por consiguiente la producción real. Friedman (1976) afirma: “volatility in inflation render market prices a less-efficient system for coordinating economic activity”. (página. 467) De acuerdo a este planteamiento el precio del petróleo, a través de la inflación, afecta la inversión y el nivel de la actividad económica. Existen varias formas en que la variancia (estadístico utilizado para medir la incertidumbre) de la inflación afecta la economía. En primer lugar, mientras mayor sea el valor de este estadístico, menor será la precisión de las proyecciones de las variables nominales. Además, en una economía donde existan mercados imperfectos que introduzcan rigidez en los precios, afecta la percepción sobre los costos de los factores de producción por lo que distorsiona la utilización óptima de los mismos en un período particular. Ejemplos de estas fricciones son, los costos de cambiar los precios de las mercancías y los salarios (*menu cost*), y los costos de las transacciones que se deben realizar para modificar la cartera de inversión (costo de la suela de zapatos) como consecuencia de las alteraciones que produce la inflación sobre los rendimientos relativos de los activos

La asignación intertemporal de estos recursos, también, se puede ver afectada si esta incertidumbre se transmite a las tasas de interés por medio de la hipótesis de Fischer. En su versión moderna esta hipótesis establece que la tasa de interés real es la diferencia entre la tasa de interés corriente y la inflación esperada. La volatilidad de la tasa inflacionaria dificulta su predicción por lo que afecta la tasa de interés real.

Lucas (1973) demuestra que en mercados sin costes de ajustes (competitivos) la política monetaria, por medio de la inflación afecta la actividad económica, si existe información imperfecta. En esa clase de modelo la incertidumbre sobre la inflación implica realizaciones mayores de la inflación no esperada.

Huzinga (1993), examina la relación entre la volatilidad en la inflación y la inversión. Ese autor plantea que existe una relación inversa entre el valor presente neto de los gastos en capital y la incertidumbre sobre la inflación. De acuerdo a ese autor, la variabilidad en la inflación afecta la tasa de descuento y desalienta a las empresas a realizar gastos en capital. Hooker (2002) explora la relación entre el precio del petróleo y la tasa inflacionaria en un modelo de la Curva Phillips. Encuentra, ese último autor, que cambios inesperados en este precio afectaba significativamente la inflación subyacente (*core inflation*) en Estados Unidos hasta 1981, pero que ese efecto se redujo a partir de esa fecha.

**Costes de ajustes sectoriales.** Cuando los distintos grupos industriales no se afectan de forma uniforme por los cambios en el precio del petróleo y existen barreras que evitan el libre flujo de los recursos entre los distintos sectores económicos, alteraciones en dicho precio pudieran afectar considerablemente la actividad económica agregada. El impacto desigual puede ser el resultado de: diferentes intensidades en el uso de petróleo en los distintos sectores económicos, que se refleja en la estructura de costos de cada industria, del grado en el que petróleo se puede sustituir en el proceso productivo por otras fuentes energéticas, y la elasticidad precio de la demanda de los productos o servicios de los distintos sectores.

Las barreras pueden deberse a la especialización de los factores de producción. En las economías capitalistas la especialización es deseable porque aumenta la productividad marginal de los insumos de producción. No obstante, esta especialización implica que antes de asignar los recursos a sus usos alternos se requiere su transformación, por lo que constituye un impedimento para la reasignación óptima de los insumos productivos entre los sectores económicos.

Un ejemplo de la forma en la que funciona este mecanismo de propagación se presenta a continuación. Presuma que en el período “t” ocurre un “shock” en el precio del petróleo que impacta en forma desigual los sectores de la economía. Los sectores cuyos procesos hacen uso intensivo del petróleo reciben el efecto directo del impulso. La difusión del “shock” a través de los otros sectores podría explicarse por la existencia de costes de ajustes asociados al movimiento de capital o trabajo en la economía.

Los impulsos afectan los niveles óptimos de los insumos productivos en las empresas de los diferentes sectores, así que estos debieran ser re-asignados a las actividades más productivas, pero la naturaleza quasi-fija de los recursos implica movimientos rezagados en vez de instantáneos. Esta situación ocasiona un efecto indirecto del precio del crudo a la actividad económica.

Evidencia de la existencia de estos costos de ajustes ínter-sectoriales en el caso del trabajo, es provista por Lilien (1982) y Davis (1987), y en caso del capital por Loungani y otros (1990), Toledo (1992), Toledo y Marquis (1993).

## **II. Transmisión de la Política Monetaria**

Los efectos de la política monetaria sobre la actividad económica en un tema muy discutido, aunque controversial, en macroeconomía monetaria<sup>6</sup>. Dos asuntos que han captado la atención de los macroeconomistas en las últimas décadas, y que son relevantes para nuestra investigación, han sido la interrelación de la política monetaria con cambios inesperados en el precio del petróleo y los efectos sectoriales de las acciones de este tipo de política.

---

<sup>6</sup> Toledo (1996) resume los puntos principales de dicha discusión.

En el primer caso se plantea que los efectos de la política monetaria se confunden con los de los impulsos en el precio de dicho insumo de producción. Por un lado, la corriente monetarista plantea que los impactos del precio del petróleo sobre la actividad económica están sobre-estimados y que parte de los efectos que se le atribuyen a dicha variable corresponden a las medidas de política monetaria que se implantan para contrarrestar el aumento en la inflación generada por los incrementos en el precio del crudo. Bernanke, Gertler y Watson (BGW, 1997) utilizando datos mensuales de Estados Unidos para el período de 1965:1 a 1995:12 en un modelo VAR estructural encuentran que los efectos del precio de petróleo sobre la producción real<sup>7</sup> se reducen significativamente cuando se descuenta el efecto de la política monetaria, a través de la tasa de los fondos interbancarios. Dicho resultado los lleva a concluir que la política monetaria restrictiva y no alzas en el costo del crudo ha sido la causa de las últimas recesiones en Estados Unidos.

Hamilton y Herrera (2004) afirman que los resultados de BGW depende crucialmente de dos aspectos que se pueden cuestionar: la consideración de alzas exageradas en las tasas de los fondos federales (cerca de 80 puntos bases), y una selección muy corta de la longitud de los rezagos en el sistema (siete). Esos autores afirman que en la historia de Estados Unidos nunca se han observado ese nivel para la tasa de los préstamos interbancarios y que en los trabajos empíricos sobre el efecto de la política monetaria se permite una estructura de rezagos igual o mayor a un año. Hamilton y Herrera estiman el modelo de BGM con 12 y 17 rezagos y encuentran un efecto de los precios del petróleo significativo sobre la actividad económica real.

BGW (2004) aceptan la crítica de Hamilton y Herrera sobre la magnitud de incrementos en la tasa de interés, pero contestan que el orden de los rezagos se determinó mediante el criterio de información de Akaike, por lo que no parece ser inadecuado. De todas formas los autores realizan un ejercicio usando datos trimestrales y permiten rezagos de un año (4 trimestres), donde encuentran que los efectos del petróleo sobre la producción agregada real se reducen al controlar por los efectos de dicha variable sobre la tasa de interés, aunque los resultados son más modestos que los del artículo original.

En cuanto a los efectos sectoriales de la política monetaria se plantean dos esquemas analíticos bajo los cuales dichas medidas pueden tener efectos desiguales sobre la producción industrial. En primer lugar, si se considera la tasa de interés como el mecanismo de transmisión de la política monetaria al sector real de la economía, es necesario reconocer que las producciones de los sectores tienen distintos grados de elasticidad con respecto a la tasa de interés. Por tanto, los choques de política monetaria no afectan de forma uniforme los distintos grupos industriales. En segundo lugar, si se acepta el canal del crédito y por consiguiente que la política monetaria afecta la

---

<sup>7</sup> En dicho trabajo se hacen interrelaciones de algunas variables económicas de EEUU, incluyendo el producto interno bruto.

capacidad de las empresas pequeñas<sup>8</sup> de tomar prestado, los sectores con una gran cantidad de firmas pequeñas serían muy sensibles a cambios en la tasa de interés.

Este tema se ha examinado en la literatura usando datos regionales (Carlino y Defina(1998) Bare (1976)) bajo el planteamiento de que las diferentes regiones tienen una composición industrial distinta, y con las series de tiempo de la producción sectorial (Ganley y Salmon (1997) Gertler y Simon (1994)). En esos trabajos se han encontrado que los sectores de manufactura y construcción son los más sensibles a la tasa de interés.

### **III. Apuntes metodológicos**

El análisis econométrico de modelos multi-ecuacionales de las economías que prevaleció en la literatura económica por mucho tiempo, consistía en la estimación de manera independiente de cada una de las ecuaciones que formaban el sistema, sin atender explícitamente las interrogantes estadísticas que planteaban la simultaneidad de dichos sistemas. Ejemplos de tales modelos son los expuestos por Klein (1950) y Anderson & Jordan (1968). Esta forma de modelar la actividad económica agregada levantaba dudas sobre los fundamentos económicos en el cual descansaban los análisis econométricos practicados.

Como respuesta a dicha práctica Sims (1980) propone un enfoque econométrico que reconozca explícitamente la simultaneidad de los sistemas económicos agregados: ésta es la técnica de vectores auto-regresivos (VAR). En dichos modelos cada variable del sistema depende de su realización en períodos anteriores y de las realizaciones presentes y pasadas de las demás variables que forman el sistema. Este enfoque permite un análisis menos restrictivo de las interrelaciones de las variables del sistema.

Otro desarrollo importante relativo a los sistemas multi-ecuacionales es el concepto de cointegración. El análisis econométrico de las series económicas requiere que las mismas sean generadas por un proceso estacionario. Si dicha condición no rige es necesario transformar las variables antes de realizar la estimación. Sin embargo, para el caso de un sistema de series con comportamiento no-estacionario idéntico (llamadas de igual grado de integración) puede existir al menos una transformación lineal de ellas que exhiba un comportamiento estacionario, en ese caso se dice que las variables están cointegradas. Dicho comportamiento informa una relación de “equilibrio” de largo plazo entre las variables bajo consideración. Por tanto, antes de estimar los sistemas VAR es necesario examinar el orden de integración de las series y las relaciones de largo plazo entre éstas.

Los sistemas VAR pueden ser considerados como la forma reducida del algún modelo estructural. Algunas de las deliberaciones que hay que hacer antes de la estimación son: la longitud de los rezagos del modelo; la estabilidad de los parámetros

---

<sup>8</sup> Las empresas pequeñas son las que dependen de los bancos comerciales para financiar sus proyectos de inversión ya que las empresas grandes pueden levantar fondos en el mercado de capital.

estimados; la estacionariedad del sistema y la aleatoriedad de los residuos de las ecuaciones.

Como se mencionó en la sección anterior, en este trabajo se examina los efectos del precio del petróleo y la tasa de interés sobre el empleo sectorial en Puerto Rico. El modelo VAR se representa en (1):

$$Y_{xt} = C + \Phi(L)Y_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

donde:

$Y_{xt} = [L_{x,t} \ Z_t]$ ,  $Z_t = [R_t \ P_{oil,t}]$ , es un vector de las variables del modelo en el sector  $x$ , siendo  $L_{x,t}$  el empleo en el sector  $x$  en el período  $t$ ;  $P_{oil,t}$  es el precio del petróleo en el período  $t$ , y  $R_t$  es la tasa de los fondos federales en período  $t$ ;  $\Phi(L) = \Phi_1 L + \Phi_2 L^2 + \dots + \Phi_p L^p$  es una matriz de polinomios en el operador de rezagos  $L$  y  $p$  es el orden de los rezagos determinado que se determinó en este estudio a base del criterio de Akaike; y,  $\varepsilon_t$  es el vector de errores.

En este trabajo imponemos las restricción de que el empleo sectorial no afecte  $R_t$  ni  $P_{oil,t}$  para poder comparar los efectos de los shocks a través de los sectores. Dichas restricciones implican que:

$$\begin{bmatrix} L_{x_t} \\ Z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi_{11}(L) & \Phi_{12}(L) \\ 0 & \Phi_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_{x_t} \\ Z_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{L_t} \\ \varepsilon_{Z_t} \end{bmatrix}$$

Este tipo de modelo puede considerarse como una forma reducida de las ecuaciones de la primeras condiciones de un modelo de maximización de ganancias a través del tiempo, donde la función de producción de las empresas dependen, entre otro factores del insumo de energía, y del dinero para realizar transacción según lo plantea King and Plosser (1986). Toledo (1992) deriva las ecuaciones de dicho modelo para el caso de una función de producción agregada.

El empleo de los sectores industriales, de acuerdo a la clasificación NAICS, usados en el trabajo fueron: i) la agricultura, ii) la administración pública, iii) el comercio, iv) la construcción, v) la manufactura, vi) los servicios, incluyendo finanzas, bienes raíces e información vii) la transportación y viii) el total de empleo. Los datos del precio del petróleo según “*Spot Oil Price: West Texas Intermediate*”, y la otra variable fue la tasa de interés de los fondos federales de Estados Unidos. La tasa de los fondos federales se utilizó como el indicador de política monetaria. Los datos se usaron en frecuencia trimestral para el período de 1990:1 a 2007:1<sup>9</sup>. Este estudio se controló por variables de cambio estructural, además se removió el efecto estacional de las variables de empleo usando un procedimiento de promedio móvil.

<sup>9</sup> El 1990 es el año donde comienzan los datos de empleo bajo la clasificación NAICS.



#### **IV. Hallazgos**

Esta sección se dedica a presentar y discutir los resultados de la estimación.

##### **A. Estacionariedad**

Todas las variables consideradas, excepto la tasa de interés, tienen un orden de integración de uno de acuerdo a las pruebas ADF, con variadas especificaciones. Por consiguiente se realizaron pruebas de cointegración entre las variables que componen los distintos sistemas, y no se encontró ninguna relación de largo plazo entre las mismas. Así que se estimaron los sistemas en las tasas de crecimiento de las variables con excepción de la tasa de interés de los fondos federales que se usó en los niveles.

La estimación de los modelos VAR generan un gran cúmulo de resultados que son difíciles de interpretar, pero tres herramientas útiles para examinar las propiedades dinámicas de estos sistemas son: las pruebas de causalidad Granger, las funciones de impulso-respuesta y la descomposición de la variancia del error de predicción. Los resultados de estos análisis se discuten en las próximas sub-secciones.

##### **B. Pruebas de causalidad Granger**

De manera simplificada se dice que una variable  $Z$  no causa otra variable  $Y$  si una vez se toma en consideración los rezagos de  $Y$ , las realizaciones pasadas de  $Z$  no aportan a la explicación de  $Y$ . Los estadísticos  $F$  o  $J$  Cuadrado se usan para docimar la hipótesis de que los coeficientes de los rezagos de  $Z$  son iguales a cero<sup>10</sup>. Los resultados estadísticos concernientes a las pruebas de causalidad tipo Granger para el precio del petróleo y la tasa de los fondos federales para las ecuaciones de empleo en cada uno de los sistemas estimados están contenidos en la Tabla 1.

---

<sup>10</sup> En la prueba es necesario determinar, además que los rezagos de  $Y$  no son útiles para predecir  $Z$ .

<b>Tabla 1</b>			
<b>Estadístico Ji Cuadrado (Valores- P) para la hipótesis de que los coeficientes de los rezagos de la variable considerada son iguales a cero.</b>			
		<b>Excluir:</b>	
Ecuación de empleo en los sectores de:	<b>Grados de Libertad*</b>	<b>Precio del petróleo</b>	<b>Tasa de fondos federales</b>
Total	3	10.13 0.018	6.38 0.09
Manufactura	2	0.27 (0.87)	5.84 (0.05)
Comercio	2	2.22 (.33)	6.04 (.05)
Construcción	3	6.24 (0.10)	4.90 (0.18)
Servicios	3	9.87 (0.02)	9.43 (0.02)
Transportación	2	5.830 (0.05)	0.17 (0.92)
Agricultura	4	8.70 (0.03)	6.38 (0.09)
Gobierno	3	0.31 (0.96)	5.31 (0.15)
*Longitud óptima de los rezagos en el sistema de acuerdo al criterio de Akaike.			

Los resultados sugieren que el precio del petróleo afecta el empleo en los sectores de construcción, servicios y transportación, mientras que la tasa de interés es importante para la evolución del empleo en los sectores de manufactura, comercio servicios y marginalmente para el sector de administración pública.

### **C. Análisis dinámico**

Una característica atractiva de los modelos VAR es que permiten al investigador simular cambios inesperados (shocks) en las variables económicas y examinar los efectos de dichos cambios sobre el sistema. Dos herramientas analíticas pueden ser utilizadas para este propósito: las funciones de impulso-respuesta; y la descomposición de la variancia del error de proyección (DVEP). La representación de promedio móvil del VAR (VMA) es la base para estos análisis.

En las funciones de impulso-respuesta se simulan shocks en las variables del modelo y se observa la respuesta dinámica del sistema. Ese procedimiento permite observar la dirección y magnitud de la respuesta de cada variable a cambios inesperados en otras variables del modelo. Los impulsos cuyo efecto son observados son definidos

operacionalmente como residuos positivos de una desviación estándar de magnitud. Por ejemplo, los residuos de la ecuación del precio del petróleo representan la parte de esta variable que no se puede predecir o innovaciones en la misma.

En la DVEP se estima el por ciento de variancia del error de proyección de una variable explicado por las innovaciones de cada una de las variables del sistema. Si se interpreta la proyección de cada variable como su senda de equilibrio de largo plazo, entonces el error de predicción sería la desviación de cada indicador de su tendencia de crecimiento o el componente cíclico. Por lo que ese análisis permite determinar la importancia de las perturbaciones de cada una de las variables generando oscilaciones en las otras variables del modelo.

Como vimos, ambos análisis utilizan los residuos de cada variable para construir los *shocks*. Estos residuos (innovaciones), sin embargo, pueden estar correlacionados entre las ecuaciones del sistema, ya que se omiten los valores corrientes de las variables. Así que, cualquier correlación contemporánea entre las variables aparecerá en los residuos. En cuyo caso es imposible determinar el efecto de un impulso específico sobre las variables que describen el sistema, los efectos estarían confundidos. Sims (1980) propone que se transforme el sistema utilizando la descomposición de Cholesky de la matriz de covariancia de los errores para triangularizar las relaciones contemporáneas entre los residuos. Dicha descomposición implica que en la primera ecuación de cada sistema sólo contendrá variables rezagadas, mientras que la segunda además posee el valor contemporáneo de la primera variable del sistema. La tercera ecuación contendrá además de los valores rezagados del sistema, los valores corrientes de la primera y la segunda variable, y así sucesivamente. Si la correlación contemporánea entre los residuos fuera nula la transformación de cholesky sería robusta con respecto al orden de las variables en el sistema. Sin embargo, si esto no sucede diferente ordenamiento de las variables en el modelo producirán resultados distintos. Por esta razón en los trabajos empíricos es necesario examinar la matriz de correlación de los errores del modelo antes de determinar el orden de las variables. Si las correlaciones de los residuos son altas es necesario: estimar los sistemas con distintos ordenamientos de las variables y observar como varían los resultados; o, imponer alguna estructura (restricciones) mediante la teoría económica ó pruebas empíricas de causalidad. Las variables más exógenas deberían aparecer primero en el sistema de forma tal que sus valores corrientes afecten las otras variables del sistema, pero que lo contrario no suceda.

Como en los sistemas que estamos considerando hay dos variables, el precio del petróleo y la tasa de interés, cuyos impactos se están evaluando examinamos las relaciones entre éstas para terminar su orden en los modelos. La correlación contemporánea entre los residuos de las ecuaciones de estas dos variables fue de .36. Por lo que no se esperaría que cambios en el orden de estas dos variables no afecten considerablemente los resultados del análisis dinámico. Sin embargo, para explorar más a fondo las interrelaciones en entre estos dos indicadores se realizó la prueba de causalidad Granger, cuyos resultados se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2**  
**Resultados de la Prueba de Causalidad de Granger para R y P<sub>oil</sub>**

Variable dependiente: DLOG(P<sub>OIL</sub>)

Excluir	Estadístico Ji cuadrado	Grados de Libertad	Valor-P
R	5.29	3	0.15
Todas	5.29	3	0.15

Variable dependiente: R

Excluir	Estadístico Ji cuadrado	Grados de Libertad	Prob.
DLOG(POIL)	6.78	3	0.08
Todas	6.78	3	0.08

La hipótesis de que el precio del petróleo no Granger-causa ( $\neq \Rightarrow$ ) la tasa de interés de fondos federales se puede rechazar a un nivel de significancia de 8%, mientras que no se rechaza la hipótesis de que  $R \neq \Rightarrow P_{oil}$  a los niveles de significancia convencionales. Este resultado no es sorprendente, ya que si alzas en el precio del petróleo afectan negativamente la actividad económica el banco central de Estados Unidos usará las herramientas de política monetaria para atender dicha situación. Por lo que cambios en  $P_{oil}$  deben preceder los de la tasa de interés de los préstamos interbancarios.

**A base de este resultado, en términos de los residuos contemporáneos el orden de las variables en los modelos VAR produce el sistema de ecuaciones 2 al 4.**

$$\mu P_{oil_t} = \epsilon_{1t}$$

(2)

$$\mu R_t = \mu P_{oil_t} + \epsilon_{2t}$$

(3)

$$\mu LX_t = \mu P_{oil_t} + \mu R_t + \epsilon_{3t}$$

(4)

Donde,  $\mu Y_t$  es el residuo estructural contemporáneo en la ecuación para la Variable Y y  $\epsilon_{st}$  es el elemento aleatorio del sistema para la ecuación 's' antes de hacer la transformación de Cholesky.

Este ordenamiento de las variables implica que: el precio del petróleo es la variable más exógena; que las innovaciones contemporáneas de dicha variable son útiles para explicar la dinámica de la tasa de los fondos federales; y que del empleo sectorial de la isla es la variable más endógena. La ecuación (2) es una función de reacción de la política monetaria, donde el precio del petróleo es quien determina el estado de la

economía. Por tanto, las autoridades monetarias observan el nivel del precio del petróleo para decidir qué acción de política tomar. Por ejemplo, altos niveles de este precio pudiera generar inflación lo que motivaría que el banco central aumentara la tasa de interés.

**Funciones de impulso-respuesta.** La Grafica 1 y 2 contienen la representación de las funciones de estímulo-respuesta del empleo sectorial ante incrementos inesperados en el precio del petróleo. En la mayoría de los sectores el efecto con más persistencia de dicho *shock* es negativo, pero en el sector de la construcción es positivo.

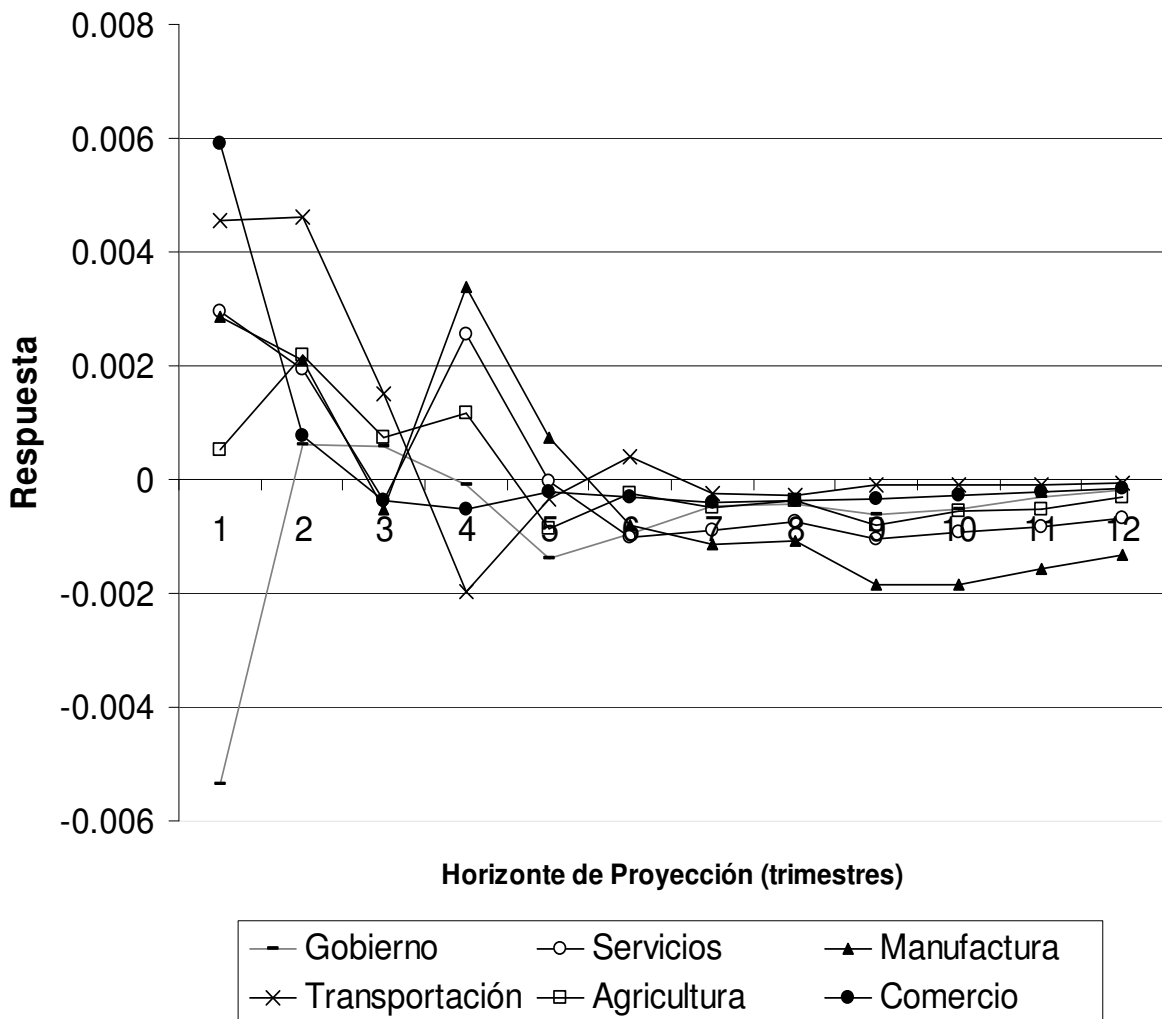
La respuesta principal del empleo en los sectores de gobierno, servicios, manufactura, transportación, comercio y agricultura ante alzas no esperadas en el precio del crudo es negativa. Sin embargo, a corto plazo el uso del insumo laboral puede aumentar luego de la ocurrencia del impulso. Una explicación para este último comportamiento pueden ser problemas de información que no permitan distinguir si el incremento es permanente o transitorio. Por ejemplo, el aumento en el precio del petróleo puede encarecer el costo del uso del capital en algunas industrias por lo que si considera que dicho aumento es de carácter transitorio, se pudiera usar más trabajo en sustitución del capital. En el largo plazo, si la perturbación manifiesta persistencia el nivel de empleo se reduce para alcanzar nuevamente las condiciones óptimas, que surgen luego de que sucede el *shock*.

Por otro lado, el nivel de empleo en el sector de construcción se incrementa en respuesta a los aumentos en el precio del petróleo y al cabo doce trimestre luego de la fecha del impacto no se observan respuestas negativas. De acuerdo a estos resultados, entonces, alzas en el precio del petróleo estimulan el empleo en este sector. La hipótesis de cambios intersectoriales puede explicar este comportamiento (ver Lilien (op.cit)). Si los procesos productivos de los sectores económicos son heterogéneos, entonces utilizan con intensidad distinta las fuentes energéticas que dependen del petróleo. Por tanto, aumentos en el costo del crudo, afectan en forma desigual distintas industrias. El empleo se moverá de los sectores más negativamente afectados hacia los que hacen menos uso, en forma relativa, de este factor de producción.

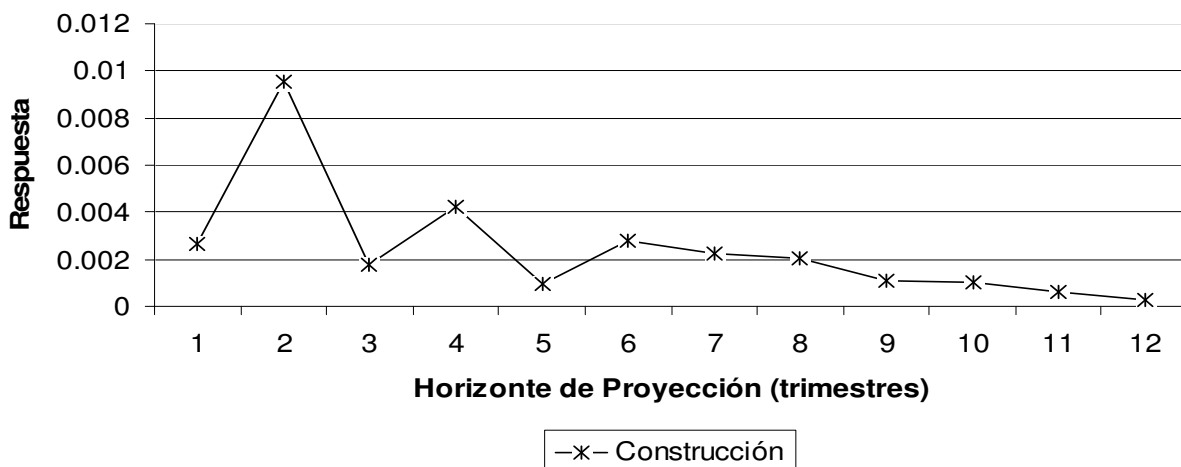
La Gráfica 3 presenta los efectos de aumentos en el precio del petróleo sobre el empleo total. Como se observa en esa ilustración a largo plazo el empleo total se reduce en respuesta a aumentos en el precio del petróleo.

Estos resultados son consistentes con los Keane and Prasad (1996) quienes encuentran efectos dispares del precio del petróleo sobre el empleo sectorial. Esos autores examinan el efecto de cambios en el precio del crudo sobre la probabilidad de obtener trabajo en los distintos sectores de la economía. En el trabajo se utilizaron los datos de panel de 1966 a 1981, provenientes del Estudio Longitudinal de Jóvenes Varones de Estados Unidos, para estimar un modelo lineal de probabilidad. Un hallazgo interesante de la estimación fue el efecto positivo de cambios en el precio del petróleo sobre la probabilidad de los individuos de emplearse en los sectores de construcción, servicios y transportación.

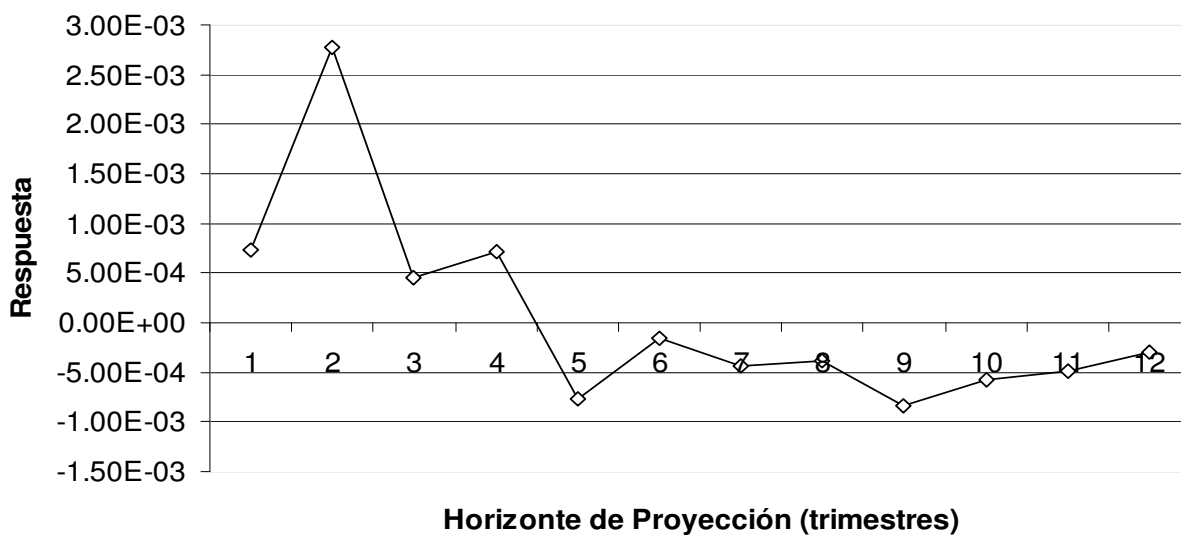
**Gráfica 1: Respuesta del Empleo Sectorial ante Impulsos Positivos en el Precio del Petróleo  
(respuesta permanente negativa)**



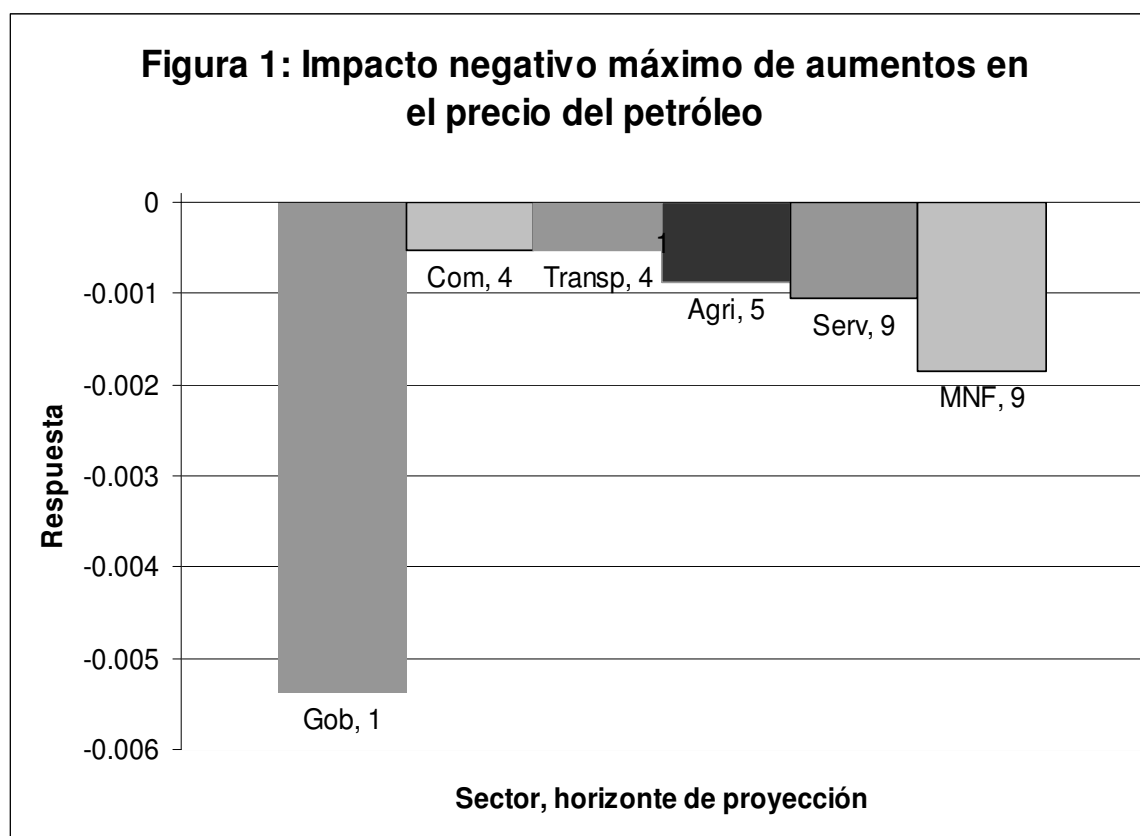
**Gráfica 2: Respuesta del Empleo Sectorial ante Impulsos Positivos en el Precio del Petróleo (respuesta positiva)**



**Gráfica 3: Respuesta del Empleo Total ante Impulsos Positivos en el Precio del Petróleo**



Es interesante examinar la estructura de rezagos asociada con los mayores impactos negativos del precio del petróleo sobre el empleo sectorial, la Figura 1 contiene dicha información. La reducción mayor la experimenta el empleo en la administración pública un período luego de que ocurre el incremento inesperado en el precio del petróleo. La manufactura es el sector el segundo impacto mayor, pero éste sucede al cabo de nueve trimestres. Los sectores que menos se ven afectados por este tipo de *shock* son los de comercio y transportación.



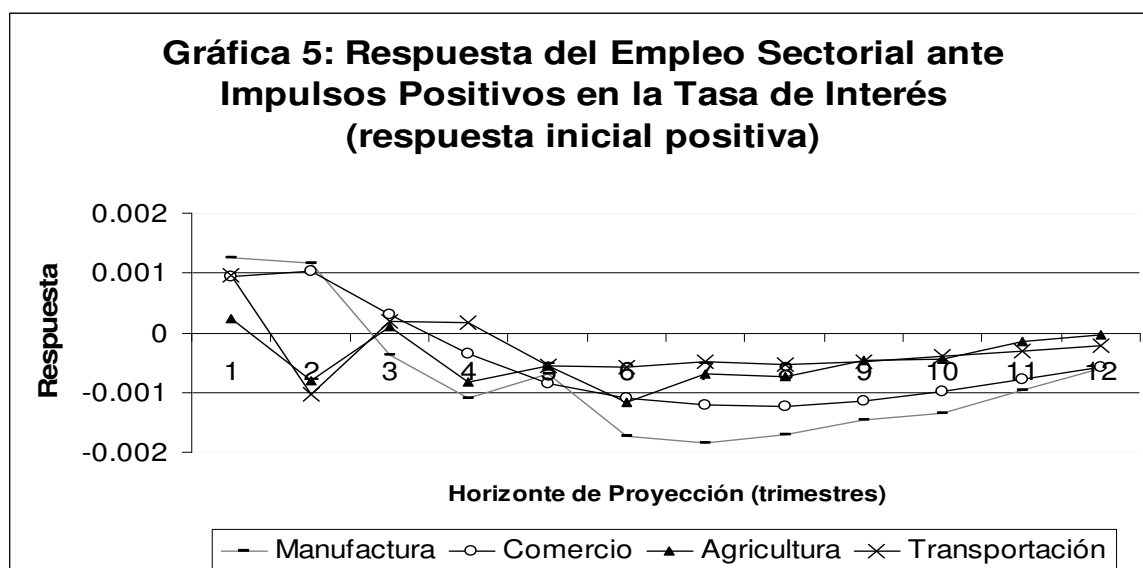
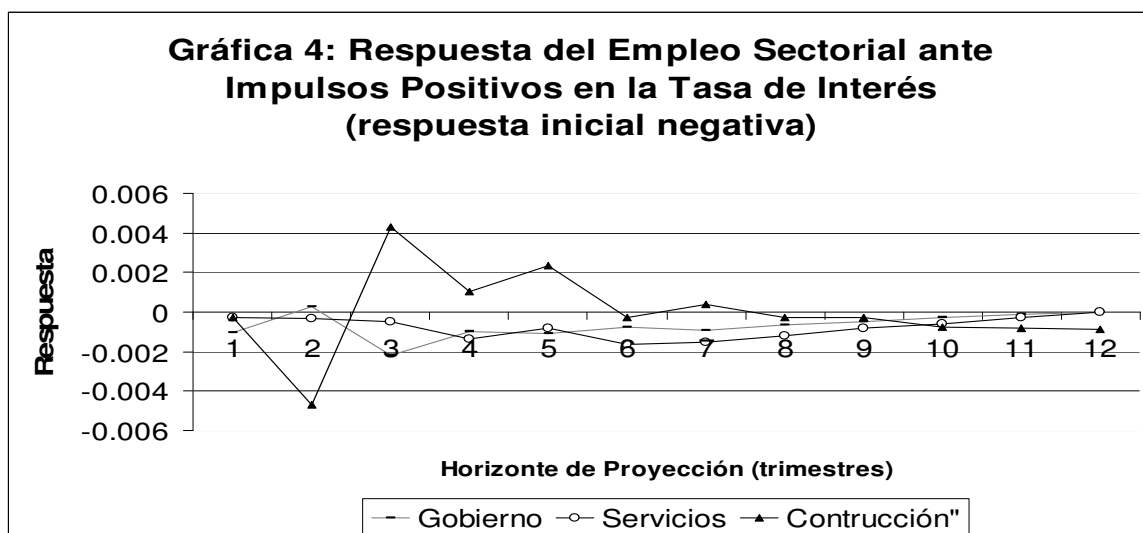
Examinemos ahora la respuesta del empleo a cambios aleatorios en de la tasa de interés. Las Gráficas de la 4 a 6 contienen la representación de estas funciones. Como es evidente en la Gráfica 4 el empleo en el sector público, los servicios, y la construcción tienden a reducirse ante un aumento inesperado en la tasa de interés. Así que, en estos sectores, el empleo responde, al menos inicialmente, a cambios en la tasa de interés de la misma forma que lo hace la producción en el modelo de la IS/LM de los textos de macroeconomía intermedia. Una posible explicación para este comportamiento es que aumentos en la tasa de interés reduce la demanda agregada lo que se refleja en el empleo sectorial.

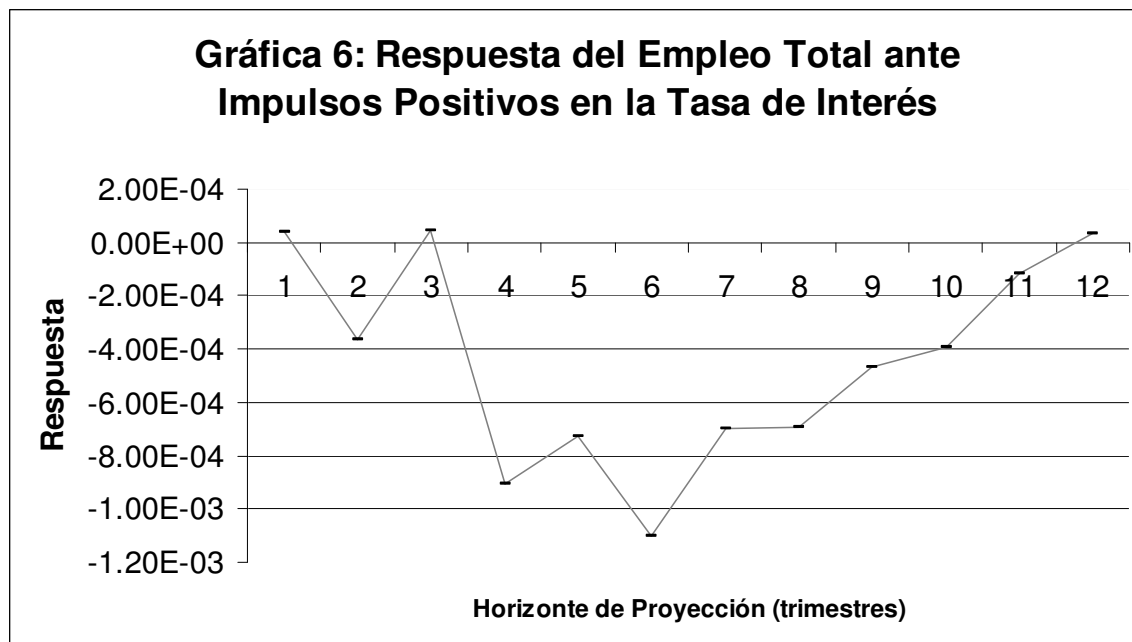
La respuesta del empleo en construcción ante incrementos inesperados en la tasa de interés de los fondos federales, difiere los demás sectores incluidos en la Gráfica 4 en varios aspectos. En primer lugar, el en dicho sector empleo responde con mayor



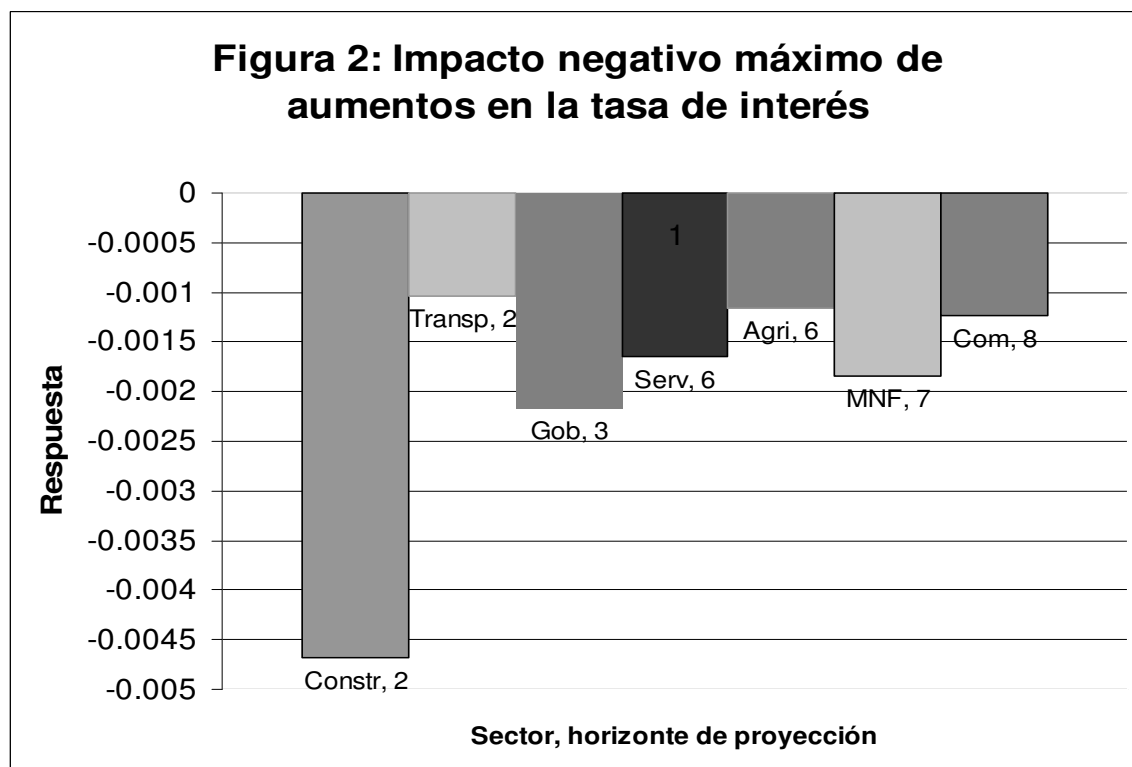
intensidad que los demás sectores, resultado que se explica por la dependencia de financiamiento de las obras de construcción. Por otro lado, a partir del período tres el empleo se incrementa hasta que el efecto se desvanece a luego de ocho trimestres de la fecha del shock. Una posible explicación para este comportamiento sería que las tasas de largo plazo de la isla en el mercado hipotecario se incrementen inicialmente, y luego de se reducen de acuerdo a las fuerzas del mercado.

El empleo en el sector de manufactura, agricultura, transporte y comercio incrementan inicialmente ante aumentos en la tasa de interés de corto plazo para luego reducirse. Por último, el empleo total tiene un efecto principalmente negativo ante alzas en la tasa de interés





La Figura 2 contiene la estructura de rezagos asociados a los impactos negativos mayores en cada sector. En el sector de construcción el impacto mayor sucede a un horizonte de proyección de dos períodos, mientras que el sector de comercio ocurre al cabo de ocho trimestres.



**Descomposición de la variancia de error de proyección.** (DVEP) Una forma de determinar la importancia relativa de los dos tipos de impulsos es examinando la proporción de la variancia del error de proyección que se le puede atribuir a cada uno. El error de proyección de una variable es la parte de ésta que no puede ser explicada por el estado pasado del sistema, por lo tanto es producto de innovaciones o *shocks* que no se pueden predecir. La Tabla 3 presenta la DVEP para el empleo sectorial y el total. Como se observa en dicha Tabla el por ciento de la variancia del error de proyección del empleo que es explicado por innovaciones en la tasa de interés y el precio del petróleo depende del sector económico. Sin embargo, ninguna de esas dos variables explican más de 16% de dicha variancia en un horizonte de proyección de hasta dos años<sup>11</sup> luego de la realización de la perturbación.

<b>Tabla 3</b>						
<b>Por ciento de la variancia del error de proyección atribuible a impulsos en el precio del petróleo y la tasa de interés de los fondos federales</b>						
	<b>Horizonte de Proyección (trimestres)</b>					
	<b>1</b>		<b>4</b>		<b>8</b>	
	<b>Impulsos en:</b>					
<b>Ecuación de empleo en el VAR</b>	<b>P<sub>oil</sub></b>	<b>R</b>	<b>P<sub>oil</sub></b>	<b>R</b>	<b>P<sub>oil</sub></b>	<b>R</b>
<b>Total</b>	<b>0.78</b>	<b>0.002</b>	<b>10.30</b>	<b>1.11</b>	<b>10.44</b>	<b>3.88</b>
	(2.98)	(2.04)	(6.91)	(3.28)	(6.74)	(4.44)
<b>Manufactura</b>	<b>10.89</b>	<b>7.56</b>	<b>10.37</b>	<b>14.06</b>	<b>10.34</b>	<b>14.55</b>
	(8.29)	(6.74)	(7.491)	(10.23)	(7.36)	(11.78)
<b>Comercio</b>	<b>11.14</b>	<b>0.20</b>	<b>11.65</b>	<b>1.81</b>	<b>11.56</b>	<b>4.38</b>
	(7.40)	(2.14)	(6.84)	(3.23)	(6.72)	(3.96)
<b>Construcción</b>	<b>0.872</b>	<b>0.0094</b>	<b>12.35</b>	<b>4.33</b>	<b>13.53</b>	<b>4.71</b>
	(3.817)	(2.854)	(9.25)	(6.00)	(10.37)	(7.02)
<b>Servicios</b>	<b>7.404</b>	<b>0.314</b>	<b>14.99</b>	<b>2.00</b>	<b>15.72</b>	<b>7.62</b>
	(6.39)	(2.43)	(7.71)	(3.63)	(7.18)	(5.57)
<b>Transportación</b>	<b>4.459</b>	<b>0.1891</b>	<b>8.77</b>	<b>0.38</b>	<b>8.82</b>	<b>0.576</b>
	(5.154)	(2.35)	(5.88)	(2.78)	(5.94)	(3.19)
<b>Agricultura</b>	<b>2.31</b>	<b>1.05</b>	<b>8.05</b>	<b>1.77</b>	<b>7.15</b>	<b>2.96</b>
	(3.98)	(3.17)	(6.92)	(5.12)	(6.73)	(5.68)
<b>Gobierno</b>	<b>7.47</b>	<b>0.233</b>	<b>6.4016</b>	<b>1.426</b>	<b>6.84</b>	<b>2.01</b>
	(6.31)	(2.12)	6.20205)	(3.68)	(6.42)	(3.99)
Desviaciones estándares en paréntesis.						

<sup>11</sup> No se consideró un horizonte de proyección mayor por dos razones: la respuesta del empleo se estabiliza alrededor de ocho trimestres, y la variancia de la respuesta se incrementa considerablemente por lo que los resultados de ahí en adelante son muy poco precisos.

El precio del petróleo parece ser más importante explicando las fluctuaciones del empleo total alrededor de su senda de crecimiento. Dicha variable explica el 10.30 y el 10.44 por ciento de la varianza del error de proyección de la tasa de crecimiento del empleo total al cabo de cuatro y ocho trimestres, respectivamente. La tasa de interés, por su parte explica sólo hasta 3.88% de la varianza mencionada.

El efecto máximo del precio del petróleo ocurre en el empleo de los servicios al cabo de ocho trimestres. Los otros sectores más sensibles a dicho precio los son manufactura, comercio, y construcción. Por su parte el empleo en los sectores de administración pública y la agricultura son los menos afectados por incrementos en el costo del crudo. Se observa, además, contrario a lo esperado un efecto moderado por el insumo laboral asignado al sector de transportación.

Por otro lado, los cambios inesperados en la tasa de interés de los fondos federales tienen su impacto mayor sobre el sector de la manufactura explicando 10% de la VEP al cabo de ocho trimestres. Los otros dos sectores más impactados por la tasa de interés lo son los servicios y la construcción, aunque en este último sector al cabo de ocho trimestres R explica sólo el 4.71% de la variancia de su error de proyección.

#### **IV. Conclusiones**

En este trabajo se examinó el efecto del precio del petróleo y la tasa de préstamos interbancarios de Estados Unidos sobre el empleo sectorial en Puerto Rico. La primera fuente de los impulsos impacta la oferta agregada (OA), mientras que la tasa de interés afecta la demanda agregada (DA). Por tanto, los resultados del análisis son útiles para comparar la importancia relativa de shocks de la OA y DA ocasionando oscilaciones de la actividad de la economía de su trayectoria de crecimiento de largo plazo. El análisis se realizó usando la técnica de vectores auto-regresivos con datos en frecuencia trimestral para el período de 1990:1 a 2007:1. Se estimó un modelo VAR de tres ecuaciones para cada uno de los ocho sectores considerados y el empleo total. Se impuso la restricción de que tanto el precio de petróleo como la tasa de interés no se afectaran rezagada ni contemporáneamente por el empleo sectorial. De esta forma fue posible comparar el efecto de las dos variables exógenas sobre el empleo industrial.

Se encontró que tanto el precio del petróleo como la tasa de interés son capaces de explicar parte de oscilaciones alrededor de su tendencia del empleo de los sectores. Sin embargo, ninguna de las dos variables puede explicar una proporción significativa de las desviaciones del empleo sectorial de su senda de equilibrio. Se encontró que el precio del petróleo supera a la tasa de interés explicando las fluctuaciones del insumo laboral en casi todos los sectores, siendo la excepción el sector de manufactura. El precio del petróleo, también resulta ser más importante que la tasa de interés de los fondos federales explicando las variaciones del empleo total en Puerto Rico.

Los resultados del estudio son compatibles con el planteamiento de que los impulsos del lado de la oferta agregada son más importantes que los de la demanda explicando el ciclo económico. Lo que pudiera indicar que la oferta agregada es muy

inelástica, mientras que la demanda agregada es bastante elástica para el caso de Puerto Rico. Por lo que impulsos en la primera relación afectan considerablemente el nivel de producción y por consiguiente el nivel de empleo, mientras que los choques en DA se pudieran reflejar principalmente en los precios. Estos resultados son compatibles con los hallazgos de Toledo (2004) quien encuentra que los shocks de la oferta agregada son ligeramente más importantes para explicar la dinámica del PNB real en Puerto Rico a mediano y largo plazo.

## Referencias

- Alameda, J., y Mann, A., (1989). "Energy Price Shocks, Input Price Changes and Developments Implications: A Translog Model Applied to Puerto Rico" The Journal of Developments Studies, Vol. 25, pp. 329 a 343.
- Anderson. L. and Jordan, J. (1968) "Monetary and Fiscal Actions: A Test of their Relative Importance in Economic Stabilization." *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, nov, pp. 11-24.
- Barsky R. y Kilian L., (2001). Do We Really Know that Oil Caused the Great Stagflation? A Monetary Alternative. NBER Working Paper No. w8389, Iss. July
- Beare J.B. (1976) "A Monetarist Model of Regional Business Cycle" *Journal of Regional Science* 16, págs 57-63.
- Bernanke, B., Gertler M., y Watson, M., (1997). Systematic Policy and the Effect of Price oil Shock. *Brooking Papers on Economic Activity*. Vol. 1 pp. 91 a 148.
- Bernanke, B., Gertler M., y Watson, M., (2004). Oil Shocks and Aggregate Macroeconomics Behavior: The Role of Monetary Policy": Reply, *Journal of Money Credit and Banking* 36(2): 287-291.
- Burbidge, J, y Harrison, A., (1984). "Testing for the Effects of Oil-Prices Rises using Vector Autorregressions" *International Economic Review* Vol. 25, pp. 459 a 484.
- Carlino G. y R. Defina (1998) The Differential Effects of Monetary Policy, *The Review of Economics Statistics* 80(4) págs, 572-587.
- Darby, M., (1982). "The Price of Oil and World Inflation and Recessions: American Economic Review, Vol. 72, pp. 738 a 751.
- Darby, M., (1982). "The Price of Oil and World Inflation and Recession," American Economic Review. Vol. 721, pp. 738-751.

- Davis, S., (1987). "Allocative Disturbances and Specific Capital In Real Business Cycle Theories" American Economic Associations Paper and Proceeding, Vol. 11, pp. 326 a 332.
- Friedman, M., (1977). "Nobel Lecture: Inflation and Unemployment" Journal of Political Economy Vol. 85, pp. 451 a 472.
- Ganley J. y C. Salmon (1997). *The Industrial Impact of Monetary Shocks: Some Stylised Facts*, Bank of England,.
- Gertler, M. y G. Simon (1994) "Monetary Policy, Business Cycles and the Behavior of Small Manufacturing Firms", Quarterly Journal of Economics, 109(2):309-340.
- Hamilton, J., (1983). "Oil and Macroeconomics since World War II". Journal of Political Economic, Vol. 96, pp. 228 a 248.
- Hamilton, J., (1995). *This is What Happened to the Oil Price - Macroeconomy Relationship*. Discussion Paper Núm. 95-36, Department of Economy, University of California – San Diego, September.
- Hamilton, J y A.M. Herrera (2004) "Oil Shocks and Aggregate Macroeconomics Behavior: The Role of Monetary Policy" Comment, Journal of Money Credit and Banking 36(2): 286-286.
- Hooker, M., (1996). "What Happened to the Oil Price-Macroeconomy Relationship" Journal of Monetary Economics.
- Huizinga, J., (1993). "Inflation Uncertainty, Relative Price Uncertainty and Investment in U.S. Manufacturing". Journal of Money Credit and Banking, Vol. 25, pp. 521 a 549.
- Humphrey, T., (1998). "Historical Origins of the Cost-Push Fallacy". Economic Quarterly, Federal Reserve Bank of Richmond, Verano, pp. 53 a 74.
- Keane and Prasad (1996) *The Employment and Wage Effects of OIL Price Changes: A Sectoral Analysis*, The Review of Economics and Statistics, 78(3) pág. 389-400.
- Kim, I., y Loungani P. (1992). "The Role of Energy in Real Business Cycle Models" Journal of Monetary Economics, Vol. 29, pp. 173 a 189.
- Klein, L. (1950) *Economic Fluctuations in the United States 1921-1941*. New York: John Wiley and Sons.
- Lilien, D., (1982). "Sectoral Shifts and Cyclical Unemployment" Journal of Political Economy, Vol. 90, pp. 777 a 783.

- Mills, Terence C. (2000) *The Econometric Modelling of Financial Time Series*, 2<sup>nd</sup>. Ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Mork, K. (1989). "Oil and the Macroeconomics When Prices Go Up and Down: An Extension of Hamilton's Results" Journal of Political Economy Vol. 97, pp., 740 a 744.
- Raymond, J., y Rich, R., (1997). "Oil and Macroeconomy: A Markov State-Switching Approach". Journal of Money Credit and Banking, Vol. 29, pp. 193 a 213.
- Rodríguez, Carlos y Toledo, Wilfredo. (2007) "Efectos de la tasa de los fondos federales de los Estados Unidos en una economía pequeña, abierta y dolarizada: el caso de Puerto Rico". *EL TRIMESTRE ECONÓMICO*, vol. LXXIV (1), núm. 293, enero-marzo, pp. 223-246
- Rotemberg, J., y Woodford, M., (1996). "Imperfect Competition and the Effects of Energy Price Increases on Economic Activity" Journal of Money Credit and Banking, Vol. 28, pp. 549 a 577.
- Sims, Christopher. "Macroeconomics and Reality." *Econometrica* 48, pp. 1-49.
- Tobin, J., (1980). "Stabilization Policy Ten Years After" Broking Papers on Economic Activity, pp. 19 a 71.
- Toledo W. (febrero de 2007). "El Precio del Petróleo y la Actividad Económica en Puerto Rico". Artículo no publicado.
- Toledo, W. (2004), "Impulsos de demanda y oferta agregada y las fluctuaciones económicas en Puerto Rico de 1950 a 2002", *Economía*, Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales, Universidad de los Andes, Venezuela. Núm. 19 y 20: págs. 35-57.
- Toledo, W. (1996). "La Neutralidad del Dinero: Una discusión de la literatura y un análisis empírico para Puerto Rico". Serie de Ensayos y Monografías, Unidad de Investigaciones Económicas, Universidad de Puerto Rico, Núm. 78.
- Toledo, W., (1997). "Precio del Petróleo, Oferta Monetaria Interna y las Fluctuaciones Económicas". McConnell y Brue (Editores). Economía, McGraw Hill.
- Toledo, W., (1992). "Sectoral Shocks and Economic Fluctuations" Unidad de Investigaciones Económicas, UPR Río Piedras, Serie de Ensayos y Monografías, Núm. 62.
- Toledo, W., y Marquis M. (1993). "Capital Allocative Disturbances and Economics Fluctuatións".