Ensayos Económicos

Apuntes de la crisis global
El mundo en una recesión de balances
Richard Koo

Incertidumbre y dolarización de cartera. El caso argentino en el último medio siglo
Tamara Burdisso, Eduardo Corso

Expectativas, relaciones intersectoriales y ciclo económico
Francisco Sáez, Fernando Alvarez, Jesús Morales, Giovanni Guedez

Premio Raúl Prebisch 2010
Vulnerabilidad externa y desarrollo. Los aportes de Prebisch al pensamiento económico
Martín Fiszbein

Raúl Prebisch. Obras 1919-1949

63

Julio - Septiembre de 2011

BANCO CENTRAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

ie | BCRA
INVESTIGACIONES ECONÓMICAS

Expectativas, relaciones intersectoriales y ciclo económico*

Francisco Sáez
Banco Central de Venezuela
Fernando Alvarez
Universidad Central de Venezuela y Corporación Andina de Fomento
Jesús Morales
Banco Central de Venezuela
Giovanni Guedez
Banco Central de Venezuela

Resumen

En este trabajo se presenta un modelo dinámico estocástico con relaciones intersectoriales calibrado para Venezuela. Mediante este modelo es posible evaluar el impacto de *shocks* a la productividad o en la demanda de un sector específico sobre la actividad económica agregada y/o cómo cambios a nivel de las variables agregadas pueden afectar la actividad sectorial. El modelo es empleado para evaluar la respuesta agregada y sectorial a *shocks* de diferente naturaleza, bajo diversos supuestos de interconexión sectorial y formación de expectativas. Los resultados sugieren que la omisión de las relaciones intersectoriales y el tratamiento inadecuado de las expectativas pueden producir resultados o dinámicas irreales. En términos cuantitativos, la omisión de expectativas racionales parece ser menos crítica. Sin embargo, esto podría cambiar en un entorno con mayores fricciones.

---

* Los autores agradecen los comentarios de Jorge Hernández, de los participantes en el Seminario de Investigación del Banco Central de Venezuela, de los participantes de la XV Reunión de la Red de Investigadores de Banca Central del CEMLA y de dos referís anónimos. Las opiniones y análisis que aparecen en este trabajo son responsabilidad de los autores y no necesariamente coinciden con las del Banco Central de Venezuela, de la Corporación Andina de Fomento, el Banco Central de la República Argentina o sus respectivas autoridades. Emails: fransaez@bcv.org.ve, falvarez@caf.com, jmorales@bcv.org.ve y gguedez@bcv.org.ve.

Clasificación JEL: B23, C11, C15, C50, D50, D52.

Palabras clave: economía abierta, modelos dinámicos estocásticos de equilibrio general, relaciones intersectoriales, Venezuela.

Expectations, Inter-sectorial Relationships and the Business Cycle

Francisco Sáez
Central Bank of Venezuela
Fernando Alvarez
Central University of Venezuela and Corporación Andina de Fomento
Jesús Morales
Central Bank of Venezuela
Giovanni Guedez
Central Bank of Venezuela

Summary

This paper presents a stochastic dynamic general equilibrium model calibrated for Venezuela that incorporates inter-sectorial relationships. With this model it is possible to assess the impact on the aggregate economic activity generated by productivity shocks or demand shocks to a specific sector and/or how changes at the aggregate level could affect the sectorial activity. The model is used to evaluate the aggregate and sectorial responses to shocks of different nature, under diverse assumptions about the inter-sectorial relationships and expectations formation. The results suggest that the omission of inter-sectorial relations and inadequate treatment of expectations can produce unrealistic results or dynamics. In quantitative terms, the omission of rational expectations seems to be less critical. However, this could change in an environment with more frictions.

JEL: B23, C11, C15, C50, D50, D52.

Key words: dynamic stochastic general equilibrium models, inter-sectorial relationships, open economy, Venezuela.

I. Introducción

En este trabajo se presenta un modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico (DSGE, por sus siglas en inglés) con relaciones intersectoriales que incorporan la estructura insumo-producto obtenida de las matrices de contabilidad social. El modelo propuesto permite estudiar el efecto de *shocks* agregados sobre los diferentes sectores de la economía y cómo los *shocks* a la productividad de cada sector se propagan entre los sectores y a nivel agregado.

Aunque el modelo todavía posee un nivel modesto de desagregación intersectorial (4 sectores), conserva toda la estructura dinámica característica de los modelos DSGE (ver Sbordone *et al.*, 2010; Escudé, 2010; y Galí y Gertler, 2007), incorporando el efecto de las expectativas sobre las decisiones intertemporales de los agentes económicos.

De esta forma, se muestra que es factible la construcción de modelos DSGE con una estructura sectorial similar a la de los modelos de Equilibrio General Computable (CGE, por sus siglas en inglés), lo que permite resaltar la importancia que tiene la consideración u omisión de algunos elementos más relevantes de cada enfoque, como lo son: las expectativas, las relaciones intersectoriales y los elementos estocásticos.[1]

Este artículo pretende contribuir al estudio del rol de las relaciones intersectoriales y las expectativas. Una primera aproximación al problema, realizada mediante el análisis de las funciones de impulso-respuesta, da cuenta de la importancia de las relaciones intersectoriales en la determinación de las sendas temporales del producto, lo que es consistente con los resultados encontrados en esta literatura (ver Carvalho, 2009). También el papel de las expectativas, aun en este entorno libre de fricciones, permite distinguir la naturaleza de los diferentes *shocks*, (transitorios o permanentes). Además, se puede observar en el análisis de las funciones de impulso-respuesta, que el modelo con expectativas (modelo base) reacciona de forma diferente para diversos niveles de persistencia, mientras

[1] Los modelos CGE están más asociados con el enfoque insumo-producto (ver Shoven y Whalley, 1984; y Ginsburgh, 1983). En sus versiones más simples, estos modelos tienen un carácter estático, aunque tienen un amplio historial de desarrollos de métodos dinámicos. Si bien es cierto que estos modelos no suelen incorporar expectativas, permiten representaciones más detallas de la economía en términos de sus relaciones intersectoriales, lo que facilita el diseño y la evaluación de políticas comerciales (ver Devarajan y Robinson, 2002) y de políticas industriales.

que la reacción en el modelo sin expectativas siempre es la misma independientemente del nivel de persistencia del *shock*.

Los modelos insumo-producto con características dinámicas (*á la* Solow) tienen larga data en economía. La existencia de una senda positiva de solución para el sistema insumo-producto en su versión dinámica recursiva puede remontarse a las contribuciones de Leontief (1970), Kendrick (1972), Livesey (1973), Luenberger y Arbel (1977) y Szyld (1985). También se desarrollaron versiones dinámicas insumo-producto de crecimiento endógeno (Kurz y Salvadori, 2000), en tiempo continuo (Johnson, 1985) y con capital fijo (Woods, 1985). Las especificaciones no recursivas que involucran expectativas *forward-looking* son menos comunes. Para este tipo de aportes, Dixon y Rimmer (2008) sitúan las referencias más recientes en los trabajos de Kemal (1975), Goulder y Summers (1989), Bovenberg Goulder (1991), Jorgenson y Wilcoxen (1991) y Mercenier y de Souza (1994).

Se debe destacar que la incorporación de una estructura insumo-producto en un modelo dinámico estocástico fue analizada, por primera vez, en Basu (1995). Basu estudia el carácter procíclico de la productividad en modelos donde el ciclo es guiado por la demanda, mientras que el presente trabajo se centra en el rol de las expectativas, incluye capital en los sectores y una perturbación a los términos de intercambio.

El trabajo se organiza como sigue. En la sección II se derivan las ecuaciones de comportamiento de hogares y empresas a partir de los problemas de maximización de la utilidad y el beneficio. Además, se describe el sector exportador, que incluye las exportaciones del bien compuesto (no tradicionales) y las exportaciones petroleras (sector de enclave). La producción de estas últimas es exógena, pero mantiene su efecto de arrastre sobre el resto de las actividades productivas. En la sección III se define el equilibrio competitivo. La sección IV describe la calibración del modelo a partir de la matriz de insumo-producto que sirve de insumo para la determinación de los equilibrios macrocontables. En la sección V se muestran algunos resultados en términos de funciones impulso-respuesta y finalmente la sección VI se destina a las conclusiones.

II. La economía

Se modela una economía pequeña y abierta con tipo de cambio flexible. La economía está poblada por una familia representativa, un sector productivo, un gobierno y un sector exportador no petrolero. Se supone que la cuenta de capital está cerrada; en consecuencia, las familias no pueden ahorrar en los mercados internacionales.[2] Las familias pueden ahorrar sólo en forma de capital físico.[3]

El sector productivo está integrado por 4 subsectores productores de bienes tipo *insumo-producto*. Por su naturaleza, estos bienes pueden destinarse tanto al consumo de los hogares, como al proceso productivo en forma de insumos intermedios. También existe un bien *insumo-producto* importado que puede ser empleado para el consumo, la acumulación de capital y como insumo intermedio en la producción de bienes domésticos. El precio en moneda extranjera del bien lo definimos como P_t^* y se supondrá exógeno.

El gobierno recibe una renta estocástica originada en la venta de petróleo en los mercados internacionales, cobra impuestos a los productores y realiza transferencias tanto a las familias como a las empresas.

El sector exportador no petrolero compra bienes en el mercado doméstico a los sectores, excluyendo petróleo, los transforma en un bien homogéneo final, que vende al resto del mundo.

II.1. Familias

La familia representativa maximiza el valor presente esperado de su flujo de utilidad:

$$\mathrm{E}_0 \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U\left(C_t, L_t\right) \right\}. \tag{1}$$

La variable L_t representa las horas trabajadas y C_t es una canasta de consumo integrada por bienes domésticos e importados, a ser definida posteriormente.

[2] Puede considerarse que está restricción refleja las condiciones actuales de la economía venezolana.

[3] Nuestro entorno es similar al presentado en Rodriguez y Sachs (1999), que estudia la dinámica de crecimiento en Venezuela.

En adelante, nos referimos a esta canasta simplemente como el *bien de consumo*. La función de utilidad instantánea es la empleada en Greenwood *et al.* (1988), en donde la tasa marginal de sustitución entre el consumo y el ocio depende sólo de este último. En particular,

$$U(C_t, L_t) = \left(\frac{1}{1-\gamma}\right)\left[\left(C_t - \frac{L_t^{1+\theta}}{1+\theta}\right)^{1-\gamma} - 1\right]$$

La familia puede acumular capital mediante la inversión.[4] A tal fin, emplea una tecnología que permite combinar insumos de todos los sectores domésticos con el bien insumo importado para crear nuevos bienes de capital. Específicamente, dado x_t^d unidades de la producción doméstica agregada y x_t^m unidades del bien importado, las unidades de capital nuevo se determinan de la siguiente forma:

$$x_t = \left((1-\alpha_x)^{\frac{1}{\eta_x}} (x_t^d)^{\frac{\eta_x - 1}{\eta_x}} + \alpha_x^{\frac{1}{\eta_x}} (x_t^m)^{\frac{\eta_x - 1}{\eta_x}} \right)^{\frac{\eta_x}{\eta_x - 1}}.$$

donde η_x representa la elasticidad de sustitución entre los bienes de inversión doméstica e importados.

Definamos $P_t^{d,x}$ y S_t como el precio de los bienes domésticos y el tipo de cambio, respectivamente. Dados x_t, $P_t^{d,x}$ y S_t, la combinación óptima de los insumos para producir capital soluciona el siguiente problema:

$$P_t^x x_t = \min_{x_t^d, x_t^m} P_t^{d,x} x_t^d + S_t P_t^* x_t^m$$

$$s.a$$

$$x_t = \left((1-\alpha_x)^{\frac{1}{\eta_x}} (x_t^d)^{\frac{\eta_x - 1}{\eta_x}} + \alpha_x^{\frac{1}{\eta_x}} (x_t^m)^{\frac{\eta_x - 1}{\eta_x}} \right)^{\frac{\eta_x}{\eta_x - 1}},$$

cuya solución implica:

[4] En este tipo de modelo no existe diferencia en las dinámicas de equilibrio si se asume que son las firmas quienes mantienen y acumulan capital.

$$P_t^x = \left((1-\alpha_x)(P_t^{d,x})^{1-\eta_x} + \alpha_x (S_t P_t^*)^{1-\eta_x} \right)^{\frac{1}{1-\eta_x}},$$

$$x_t^d = (1-\alpha_x)\left(\frac{P_t^{d,x}}{P_t^x} \right)^{-\eta_x} x_t,$$

$$x_t^m = \alpha_x \left(\frac{S_t P_t^*}{P_t^x} \right)^{-\eta_x} x_t.$$

Denotemos los precios relativos de la canasta de bienes de inversión total e inversión doméstica, respectivamente, por: $\kappa_t^x \equiv \frac{P_t^x}{P_t^c}$ y $\kappa_t^{d,x} \equiv \frac{P_t^{d,x}}{P_t^c}$. El tipo de cambio real como: $s_t = \frac{P_t^{m,c}}{P_t^c} = \frac{S_t P_t^*}{P_t^c}$. Donde P_{tc} el precio en moneda doméstica de la canasta de bienes de consumo.

Así, las ecuaciones anteriores pueden expresarse como:

$$\kappa_t^x = \{(1-\alpha_x)(\kappa_t^{d,x})^{1-\eta_x} + \alpha_x (s_t)^{1-\eta_x}\}^{\frac{1}{1-\eta_x}}, \tag{2}$$

$$x_t^d = (1-\alpha_x)\left(\frac{\kappa_t^{d,x}}{\kappa_t^x} \right)^{-\eta_x} x_t, \tag{3}$$

Dados x_t^d, P_t^1, P_t^2, P_t^3 y P_t^4, la combinación óptima de los insumos domésticos para producir x_t^d, soluciona el siguiente problema:

$$P_t^{d,x} x_t^d = \min_{\{x_t^j\}_{j=1,2,3,4}} \sum_{j=1}^{4} P_t^j x_t^j$$

$s.a$

$$x_t^d = \left(\sum_{j=1}^{4} \left(\alpha_j^x\right)^{\frac{1}{\eta_1}} \left(x_t^j\right)^{\frac{\eta_1 - 1}{\eta_1}} \right)^{\frac{\eta_1}{\eta_1 - 1}},$$

donde η_1 representa la elasticidad de sustitución entre los bienes de inversión doméstica, $\alpha_k^x \geq 0, k = 1,2,3,4,$ y $\sum_{k=1}^{4} \alpha_k^x = 1$.

La solución viene dada por:

$$P_t^{d,x} = \left(\sum_{j=1}^{4} \alpha_j^x \left(P_t^j \right)^{1-\eta_1} \right)^{\frac{1}{1-\eta_1}},$$

$$x_t^j = \alpha_j^x \left(\frac{P_t^j}{P_t^{d,x}} \right)^{-\eta_1} x_t^d, \quad j = 1,2,3,4.$$

Dividiendo por P_t^c las dos últimas ecuaciones, y si definiendo $\kappa_t^j \equiv \frac{P_t^j}{P_t^c}$, como el precio relativo del bien del sector j, tenemos que se pueden expresar de la siguiente forma:

$$\kappa_t^{d,x} = \left(\sum_{j=1}^{4} \alpha_j^x \left(\kappa_t^j \right)^{1-\eta_1} \right)^{\frac{1}{1-\eta_1}}, \tag{4}$$

$$x_t^j = \alpha_j^x \left(\frac{\kappa_t^j}{\kappa_t^{d,x}} \right)^{-\eta_1} x_t^d, \quad j = 1,2,3,4. \tag{5}$$

Sea δ la tasa de depreciación del capital físico. Asumiremos que la regla de movimiento del capital está dada por:

$$K_t = (1-\delta) K_{t-1} + x_t. \tag{6}$$

La restricción presupuestaria de la familia en términos del bien de consumo es:

$$(1+\tau_c) C_t + (1+\tau_x) \kappa_t^x x_t = w_t L_t + r_t K_{t-1} + \tau_t^f + d_t. \tag{7}$$

En (7), τ_t^f y d_t son las transferencias del gobierno y el pago de dividendo del sector productivo, respectivamente; w_t y r_t son las remuneraciones al trabajo y al capital en términos de bienes de consumo, respectivamente; y τ_c y τ_x son impuestos al consumo y a la inversión, respectivamente.

El lagrangiano del problema dinámico de la familia, que consiste en maximizar (1) sujeto a (6)-(7), viene dado por:

$$\max_{\{C_t, L_t, K_t, x_t\}} \mathrm{E}_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t H_t$$

donde,

$$
\begin{aligned}
H_t =&[\left(\frac{1}{1-\gamma}\right)\left(\left(C_t-\frac{L_t^{1+\theta}}{1+\theta}\right)^{1-\gamma}-1\right) \\
&+\lambda_t\left((1+\tau_c)C_t+(1+\tau_x)\kappa_t^x x_t-w_t L_t-r_t K_{t-1}-\tau_t^f-d_t\right) \\
&+q_t\left(K_t-(1-\delta)K_{t-1}-x_t\right)],
\end{aligned}
\tag{8}
$$

donde q_t y λ_t son los multiplicadores de lagrange asociados a las restricciones (6) y (7), respectivamente. La solución del problema implica las siguientes condiciones de primer orden:

$$U_{C_t}(C_t,L_t)+(1+\tau_c)\lambda_t=0,\Rightarrow \lambda_t=-\frac{U_{C_t}(C_t,L_t)}{(1+\tau_c)} \qquad \text{(F.O.C. } C_t\text{)}$$

$$U_{L_t}(C_t,L_t)-\lambda_t w_t=0 \Rightarrow w_t=\frac{U_{L_t}(C_t,L_t)}{\lambda_t} \qquad \text{(F.O.C. } L_t\text{)}$$

De las dos ecuaciones anteriores se tiene que:

$$w_t=-\frac{(1+\tau_c)U_{L_t}(C_t,L_t)}{U_{C_t}(C_t,L_t)} \tag{9}$$

$$q_t-\beta \mathsf{E}_t\{\lambda_{t+1}r_{t+1}+(1-\delta)q_{t+1}\}=0 \qquad \text{(F.O.C. } K_t\text{)}$$

$$(1+\tau_x)\lambda_t\kappa_t^x-q_t=0 \;\Rightarrow\; q_t=(1+\tau_x)\lambda_t\kappa_t^x=-\frac{(1+\tau_x)}{(1+\tau_c)}U_{C_t}(C_t,L_t)\kappa_t^x \qquad \text{(F.O.C. } x_t\text{)}$$

Combinando las ecuaciones (F.O.C. C_t), (F.O.C. K_t) y (F.O.C. x_t) se obtiene la siguiente ecuación:

$$-(1+\tau_x)U_{C_t}(C_t,L_t)\kappa_t^x+\beta \mathsf{E}_t\{(r_{t+1}+(1-\delta)(1+\tau_x)\kappa_{t+1}^x)U_{C_t}(C_{t+1},L_{t+1})\}=0 \tag{10}$$

El índice de consumo, C, está compuesto por una canasta de bienes domésticos, C_t^d, y bienes importados, C_t^*. Y se define por:

$$C_t=\left((1-\alpha_c)^{\frac{1}{\eta}}(C_t^d)^{\frac{\eta-1}{\eta}}+(\alpha_c)^{\frac{1}{\eta}}(C_t^*)^{\frac{\eta-1}{\eta}}\right)^{\frac{\eta}{\eta-1}}.$$

donde η representa la elasticidad de sustitución entre los bienes de consumo doméstico e importado.

Dados el nivel a consumir, C_t; el índice de precios de la canasta de consumo de bienes domésticos, $P_t^{d,c}$; y el índice de precios en moneda local del consumo importado, $P_t^{m,c} = S_t P_t^*$; la familia decide la composición de consumo doméstico, C^d, y consumo importado, C^*, de acuerdo al siguiente problema:

$$P_t^c C_t = \min_{C_t^d, C_t^*} P_t^{d,c} C_t^d + P_t^{m,c} C_t^*$$

$$s.a$$

$$C_t = \left((1-\alpha_c)^{\frac{1}{\eta}} (C_t^d)^{\frac{\eta-1}{\eta}} + (\alpha_c)^{\frac{1}{\eta}} (C_t^*)^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right)^{\frac{\eta}{\eta-1}}.$$

Nótese que P_t^c es precisamente, el índice de precios al consumidor.

La solución del problema anterior implica:

$$P_t^c = \left((1-\alpha_c)(P_t^{d,c})^{1-\eta} + \alpha_c (P_t^{m,c})^{1-\eta} \right)^{\frac{1}{1-\eta}},$$

$$C_t^d = (1-\alpha_c) \left(\frac{P_t^{d,c}}{P_t^c} \right)^{-\eta} C_t,$$

$$C_t^* = \alpha_c \left(\frac{P_t^{m,c}}{P_t^c} \right)^{-\eta} C_t.$$

Denotemos, el precio relativo de la canasta de los bienes de consumo doméstico por:

$$\kappa_t^{d,c} \equiv \frac{P_t^{d,c}}{P_t^c}.$$

Así, tenemos que las ecuaciones anteriores se pueden expresar como:

$$1 = \{ (1-\alpha_c)(\kappa_t^{d,c})^{1-\eta} + \alpha_c (s_t)^{1-\eta} \}^{\frac{1}{1-\eta}}, \tag{11}$$

$$C_t^d = (1-\alpha_c)\left(\kappa_t^{d,c}\right)^{-\eta} C_t, \tag{12}$$

$$C_t^* = \alpha_c\left(s_t\right)^{-\eta} C_t. \tag{13}$$

La canasta de bienes doméstico, C_t^d, se define por:

$$C_t^d = \left(\sum_{j=1}^{4}\left(\alpha_j^c\right)^{\frac{1}{\eta_2}}\left(C_t^j\right)^{\frac{\eta_2-1}{\eta_2}}\right)^{\frac{\eta_2}{\eta_2-1}}, \tag{14}$$

donde η_2 representa la elasticidad de sustitución entre los bienes de consumo domésticos, $\alpha_k^c \geq 0, k = 1,2,3,4,$ y $\sum_{k=1}^{4}\alpha_k^c = 1$ y C_t^j es el consumo que las familias demandan del bien producido por el sector j.

Finalmente, dados $C_t^d, P_t^1, P_t^2, P_t^3$ y P_t^4, la familia soluciona el siguiente problema:

$$P_t^{d,c} C_t^d = \min_{\{C_t^j\}_{j=1,2,3,4}} \sum_{j=1}^{4} P_t^j C_t^j$$

$$s.a$$

$$C_t^d = \left(\sum_{j=1}^{4}\left(\alpha_j^c\right)^{\frac{1}{\eta_2}}\left(C_t^j\right)^{\frac{\eta_2-1}{\eta_2}}\right)^{\frac{\eta_2}{\eta_2-1}}.$$

La solución del problema anterior implica:

$$P_t^{d,c} = \left(\sum_{j=1}^{4}\alpha_j^c\left(P_t^j\right)^{1-\eta_2}\right)^{\frac{1}{1-\eta_2}},$$

$$C_t^j = \alpha_j^c\left(\frac{P_t^j}{P_t^{d,c}}\right)^{-\eta_2} C_t^d, \quad j = 1,2,3,4.$$

Dividiendo por P_t^c las dos últimas ecuaciones, y usando la definición dada por: $\kappa_t^j \equiv \frac{P_t^j}{P_t^c}$, tenemos que se pueden expresar en la siguiente forma:

$$\kappa_t^{d,c} = \left(\sum_{j=1}^{4}\alpha_j^c\left(\kappa_t^j\right)^{1-\eta_2}\right)^{\frac{1}{1-\eta_2}}, \tag{15}$$

$$C_t^j = \alpha_j^c \left(\frac{\kappa_t^j}{\kappa_t^{d,c}} \right)^{-\eta_2} C_t^d, \quad j = 1,2,3,4. \tag{16}$$

II.2. El sector productivo

El sector productivo está formado por cuatro subsectores $j \in \{1,2,3,4\}$. Estos pueden ser naturalmente interpretados como el sector primario ($j=1$), secundario ($j=2$), terciario ($j=3$) y petrolero ($j=4$).

Siguiendo a Kehoe (1996), la tecnología de la firma productora del bien j se representa mediante una función de producción Cobb-Douglas que permite sustituibilidad entre trabajo y capital, además asumimos no sustituibilidad entre valor agregado e insumo intermedio.[5] De esta manera, la función de producción incluye insumos producidos por los otros subsectores, así como también insumos importados. En particular, la firma representativa para los sectores $j \in \{1,2,3\}$ opera las siguientes tecnologías:

$$Y_t^j = \min \left\{ \frac{u_t^{1,j}}{a_{1,j}}, \frac{u_t^{2,j}}{a_{2,j}}, \frac{u_t^{3,j}}{a_{3,j}}, \frac{u_t^{4,j}}{a_{4,j}}, \frac{u_t^{m,j}}{a_{m,j}}, Z_t^j (K_t^j)^{\alpha_j} (L_t^j)^{1-\alpha_j} \right\}, \quad j \in \{1,2,3\}, \tag{17}$$

mientras que para el sector petrolero es:

$$Y_t^4 = \min \left\{ \frac{u_t^{1,4}}{a_{1,4}}, \frac{u_t^{2,4}}{a_{2,4}}, \frac{u_t^{3,4}}{a_{3,4}}, \frac{u_t^{4,4}}{a_{4,4}}, \frac{u_t^{m,4}}{a_{m,4}}, \frac{K_t^4}{a_{4,K}}, \frac{L_t^4}{a_{4,L}} \right\}. \tag{18}$$

En (17) y (18), $u_t^{i,j}$ es la cantidad del bien i utilizada como insumo en la producción del bien j. Por su parte, $u_t^{m,j}$ es la cantidad del bien insumo-producto importado empleado en la producción del subsector j. Finalmente, Z_t^j es un *shock* de productividad a los insumos capital y trabajo. Kehoe (1997) emplea una versión determinística de (17) que además excluye el uso de insumos importados.

El problema de la firma representativa del sector j, excluyendo el sector petrolero, es:

[5] En el trabajo de Kouparitsas (1998) se estima una CES entre Valor Agregado e Insumos intermedios y se encuentra que su sustitución es baja, aproximándose a una Leontief entre estos dos componentes.

$$\max_{K_t^j, L_t^j, \{u_t^{i,j}\}, Y_t^j} \left\{ (1-\tau_j)\left[P_t^j Y_t^j - \sum_{i=1}^{4} P_t^i u_t^{i,j} - S_t P_t^* u_t^{m,j} \right] - W_t L_t^j - R_t K_t^j + T_t^j Y_t^j \right\}$$

$$s.a \tag{19}$$

$$Y_t^j = \min\left\{ \frac{u_t^{1,j}}{a_{1,j}}, \frac{u_t^{2,j}}{a_{2,j}}, \frac{u_t^{3,j}}{a_{3,j}}, \frac{u_t^{4,j}}{a_{4,j}}, \frac{u_t^{m,j}}{a_{m,j}}, Z_t^j (K_t^j)^{\alpha_j} (L_t^j)^{1-\alpha_j} \right\}, \quad j \in \{1,2,3\}$$

En la expresión anterior, τ_j es el impuesto al sector j, mientras que T_t^j es un subsidio monetario por unidad producida otorgado al sector j.

La solución de la firma productora j implicará:

$$Y_t^j = \frac{u_t^{1,j}}{a_{1,j}} = \frac{u_t^{2,j}}{a_{2,j}} = \frac{u_t^{3,j}}{a_{3,j}} = \frac{u_t^{4,j}}{a_{4,j}} = \frac{u_t^{m,j}}{a_{m,j}} = Z_t^j (K_t^j)^{\alpha_j} (L_t^j)^{1-\alpha_j}, \quad j \in \{1,2,3\}. \tag{20}$$

Al seleccionar la relación capital-trabajo, la firma j resuelve el siguiente problema:

$$\min_{L_t^j, K_t^j} W_t L_t^j + R_t K_t^j$$

$$s.a$$

$$Y_t^j = Z_t^j (K_t^j)^{\alpha_j} (L_t^j)^{1-\alpha_j}$$

Donde W_t es el salario nominal pagado y R_t es el costo de rentar una unidad de capital, ambos en moneda doméstica. Las condiciones de primer orden implican:

$$\frac{L_t^j}{K_t^j} = \frac{1-\alpha_j}{\alpha_j} \frac{R_t}{W_t}, \tag{21}$$

lo cual, combinado con la función de producción conlleva a:

$$G^j(W_t, R_t, Z_t^j) \equiv \frac{W_t L_t^j + R_t K_t^j}{Y_t^j} = \frac{1}{Z_t^j} \left(\frac{1}{1-\alpha_j} \right)^{1-\alpha_j} \left(\frac{1}{\alpha_j} \right)^{\alpha_j} W_t^{1-\alpha_j} (R_t)^{\alpha_j}. \tag{22}$$

Nótese que el costo medio, G^j, asociado a los factores capital y trabajo, no depende de la producción sino exclusivamente de los precios de los factores, del *shock* de productividad y del *share* de capital.

Al introducir (21) en la función de producción obtenemos:

$$Y_t^j = Z_t^j \left(\frac{(1-\alpha_j)R_t}{\alpha_j W_t} \right)^{-\alpha_j} L_t^j = Z_t^j \left(\frac{(1-\alpha_j)r_t}{\alpha_j w_t} \right)^{-\alpha_j} L_t^j .$$

Esta última ecuación, junto con (21), permiten obtener la demanda de factores del sector j a partir de su producción.

Empleando (20) y (22) podemos reescribir el problema de la firma como sigue:

$$\max_{Y_t^j} \left((1-\tau_j) \left[P_t^j - \sum_{i=1}^{4} P_t^i a_{i,j} - S_t P_t^* a_{m,j} \right] - G^j(W_t, R_t, Z_t^j) + T_t^j \right) Y_t^j$$

Un equilibrio con producción finita implica:

$$P_t^j = \sum_{i=1}^{4} P_t^i a_{i,j} + S_t P_t^* a_{m,j} + \frac{1}{1-\tau_j} \left(G^j(W_t, R_t, Z_t^j) - T_t^j \right), \quad j \in \{1,2,3\} \tag{23}$$

Si expresamos esta ecuación en términos de precios relativos tenemos:

$$\kappa_t^j = \sum_{i=1}^{4} \kappa_t^i a_{i,j} + s_t a_{m,j} + \frac{1}{1-\tau_j} \left(G_t^j(w_t, r_t, Z_t^j) - \mu_t^j \right), \quad j \in \{1,2,3\}. \tag{24}$$

II.3. Sector exportador no petrolero

Existe un sector exportador que compra bienes en el mercado doméstico a los sectores, excluyendo petróleo, y los transforma en un bien homogéneo final que vende al resto del mundo. La demanda de dicho bien viene de las familias en el resto del mundo. Asumiendo que la economía doméstica es pequeña con respecto al resto del mundo y juega un papel insignificante en la determinación de la demanda agregada foránea, la demanda para el bien exportado estará dada por:

$$e_t = \left(\frac{(1+\tau_e)P_t^e}{S_t P_t^*} \right)^{-\eta_e} Y_t^* ,$$

Esto equivale a:

$$e_t = \left(\frac{(1+\tau_e)\frac{P_t^e}{P_t^c}}{\frac{S_t P_t^*}{P_t^c}} \right)^{-\eta_e} Y_t^*,$$

$$\Rightarrow e_t = \left(\frac{(1+\tau_e)\kappa_t^e}{s_t} \right)^{-\eta_e} Y_t^*,$$

donde η_e es la elasticidad de sustitución entre los bienes domésticos y foráneos en la economía externa, τ_e es el impuesto al sector exportador no petrolero, e_t es el bien homogéneo exportado, s_t es el tipo de cambio real, P_t^e es el índice de precios del bien exportado, $\kappa_t^e \equiv \frac{P_t^e}{P_t^c}$ es el precio relativo del bien exportado, Y_t^* es la producción del resto del mundo y P_t^* es el índice de precios del resto del mundo.

El bien homogéneo exportado, e_t, está compuesto por las cantidades producidas de cada sector, no petrolero, que se destinan para la exportación, e^j. Y se define por:

$$e_t = \left(\sum_{j=1}^{3} \left(\alpha_j^e\right)^{\frac{1}{\eta_3}} \left(e_t^j\right)^{\frac{\eta_3 - 1}{\eta_3}} \right)^{\frac{\eta_3}{\eta_3 - 1}}, \tag{25}$$

donde $\alpha_k^e \geq 0, k = 1,2,3,$ $\sum_{k=1}^{3} \alpha_k^e = 1$ y η_3 es la elasticidad de sustitución entre los bienes domésticos, no petroleros, a ser exportados.

Dados C_t^d, P_t^1, P_t^2, P_t^3 y P_t^4, el sector exportador soluciona el siguiente problema:

$$P_t^e e_t = \min_{\{e_t^j\}_{j=1,2,3}} \sum_{j=1}^{3} P_t^j e_t^j$$

$$s.a$$

$$e_t = \left(\sum_{j=1}^{3} \left(\alpha_j^e\right)^{\frac{1}{\eta_3}} \left(e_t^j\right)^{\frac{\eta_3 - 1}{\eta_3}} \right)^{\frac{\eta_3}{\eta_3 - 1}}.$$

La solución del problema anterior implica:

$$P_t^e = \left(\sum_{j=1}^{3} \alpha_j^e \left(P_t^j \right)^{1-\eta_3} \right)^{\frac{1}{1-\eta_3}},$$

$$e_t^j = \alpha_j^e \left(\frac{P_t^j}{P_t^e} \right)^{-\eta_3} e_t, \quad j = 1,2,3.$$

Si expresamos estas ecuaciones en precios relativos tenemos:

$$\kappa_t^e = \left(\sum_{j=1}^{3} \alpha_j^e \left(\kappa_t^j \right)^{1-\eta_3} \right)^{\frac{1}{1-\eta_3}}, \tag{26}$$

$$e_t^j = \alpha_j^e \left(\frac{\kappa_t^j}{\kappa_t^e} \right)^{-\eta_3} e_t, \quad j = 1,2,3. \tag{27}$$

II.4. El gobierno y el sector externo

El gobierno opera un sector petrolero cuyo producto es vendido en los mercados doméstico e internacional. La producción de petróleo es fija en B unidades y su precio doméstico también es fijo, $P_t^4 = \overline{P}^4$.

Así,

$$Y_t^4 = B = \min\left\{ \frac{u_t^{1,4}}{a_{1,4}}, \frac{u_t^{2,4}}{a_{2,4}}, \frac{u_t^{3,4}}{a_{3,4}}, \frac{u_t^{4,4}}{a_{4,4}}, \frac{u_t^{m,4}}{a_{m,4}}, \frac{K_t^p}{a_{4,k}}, \frac{L_t^p}{a_{4,l}} \right\}$$

Los pagos del sector petrolero en moneda local se determinan por: [6]

$$C_t^B = (a_{1,4}P_t^1 + a_{2,4}P_t^2 + a_{3,4}P_t^3 + a_{4,4}P_t^4 + a_{4,k}R_t + a_{4,l}W_t)B,$$

o en términos del bien de consumo:

$$c_t^B = (a_{1,4}\kappa_t^1 + a_{2,4}\kappa_t^2 + a_{3,4}\kappa_t^3 + a_{4,4}\kappa_t^4 + a_{4,k}r_t + a_{4,l}w_t)B.$$

La demanda doméstica de petróleo está dada por:

$$Y_t^{p,d} = \sum_{j=1}^{4} a_{4,j} Y_t^j + x_t^4 + C_t^4, \tag{28}$$

---

[6] El costo de producir B unidades de petróleo es $C_t^B + a_{m,4} B P_t^* S_t$.

y la exportación de crudo es: $B - Y_t^{p,d}$.

Asumimos que el precio del petróleo en los mercados internacionales sigue el proceso:

$$P_t^p = a_o + a_1 P_{t-1}^p + \varepsilon_t^p, \tag{29}$$

donde la perturbación ε_t^p sigue una distribución normal con media cero y desviación estándar σ^p. Las divisas obtenidas por venta de petróleo son suministradas a la economía doméstica y las mismas están dadas por:

$$I_t^p = P_t^p (B - Y_t^{p,d}).$$

Adicionalmente, el gobierno también genera ingresos por el cobro de impuestos al valor agregado, consumo, inversión y las exportaciones no petroleras. El ingreso nominal asociado a este impuesto es:

$$TAX_t = \sum_{j=1}^{3} \tau_j (P_t^j - \sum_{i=1}^{4} P_t^i a_{i,j} - S_t P_t^* a_{m,j}) Y_t^j + \tau_c P_t^c C_t + \tau_x P_t^x x_t + \tau_e P_t^e e_t,$$

Nótese que no existe τ_4, dado que se asume que el sector petrolero pertenece al gobierno.

En términos de unidades del bien compuesto:

$$tax_t = \sum_{j=1}^{3} \tau_j (\kappa_t^j - \sum_{i=1}^{4} \kappa_t^i a_{i,j} - s_t a_{m,j}) Y_t^j + \tau_c C_t + \tau_x \kappa_t^x x_t + \tau_e \kappa_t^e e_t.$$

Los ingresos netos fiscales son transferidos en su totalidad a las familias y a los sectores productores. Sea $\gamma_j \in [0,1]$ la fracción de los ingresos totales que va al sector j. Entonces,

$$T_t^j = \gamma_j \frac{TAX_t + \bar{P}^4 Y_t^{p,d} - C_t^B + S_t (I_p - P_t^* a_{m,4} B)}{Y_t^j}$$

$$\Rightarrow \mu_t^j \equiv \frac{T_t^j}{P_t^c} = \gamma_j \frac{tax_t + \kappa_t^4 Y_t^{p,d} - c_t^B + s_t \frac{P_t^p}{P_t^*}(B - Y_t^{p,d}) - s_t a_{m,4} B}{Y_t^j},$$

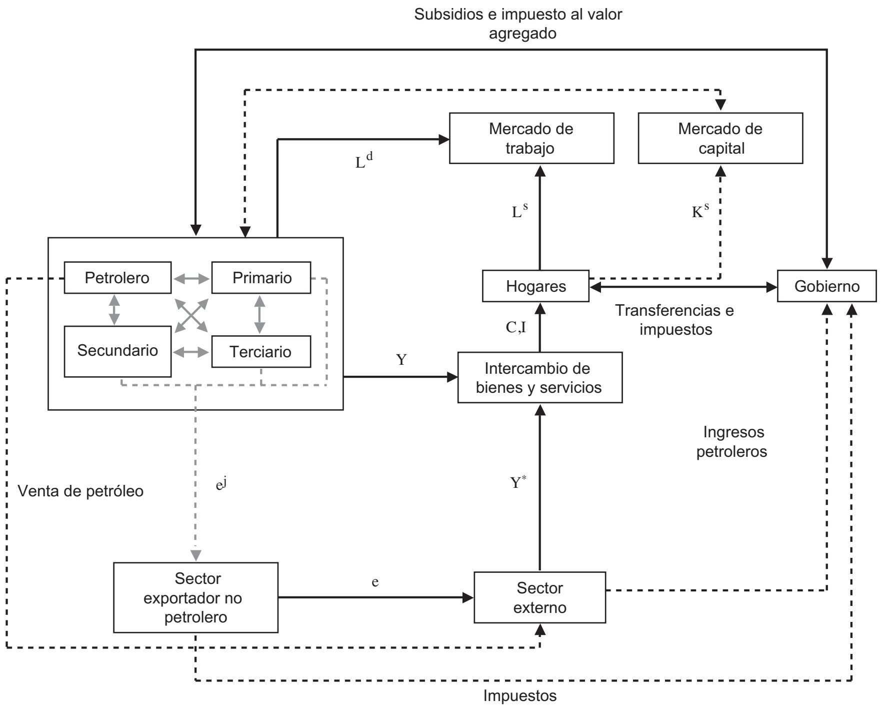
De aquí,

$$\tau_t^f = (1-\sum_{j=1}^{3}\gamma_j)(tax_t + \kappa_t^4 Y_t^{p,d} - c_t^B + s_t \frac{P_t^p}{P_t^*}(B - Y_t^{p,d}) - s_t a_{m,4} B)$$

Donde τ^f es la transferencia a las familias y $\sum_j^3 \gamma_j \leq 1$.

La manera en que interactúan los diferentes agentes económicos en el modelo se puede visualizar en el siguiente diagrama del Gráfico 1.

Gráfico 1 / Diagrama de interacciones entre agentes económicos



II.5. Algunas definiciones: precios relativos

A fin de definir el equilibrio, normalizamos por el índice de precios al consumidor, P_t^c, permitiendo representar el modelo en términos reales. Los precios relativos definidos, anteriormente, así como el sistema que satisface estas definiciones se resumen en:

$$\kappa_t^{d,c} \equiv \frac{P_t^{d,c}}{P_t^c}, \qquad \kappa_t^e \equiv \frac{P_t^e}{P_t^c}, \qquad \kappa_t^x \equiv \frac{P_t^x}{P_t^c}, \qquad \kappa_t^{p,*} \equiv \frac{P_t^p}{P_t^*},$$

$$\kappa_t^{d,x} \equiv \frac{P_t^{d,x}}{P_t^c}, \qquad s_t \equiv \frac{P_t^*}{P_t^c} S_t, \qquad \kappa_t^j \equiv \frac{P_t^j}{P_t^c}, \qquad j \in \{1,2,3,4\},$$

Ecuación (2),

$$\kappa_t^x = \{(1-\alpha_x)(\kappa_t^{d,x})^{1-\eta_x} + \alpha_x (s_t)^{1-\eta_x}\}^{\frac{1}{1-\eta_x}},$$

Ecuación (4),

$$\kappa_t^{d,x} = \left(\sum_{j=1}^{4} \alpha_j^x \left(\kappa_t^j\right)^{1-\eta_1}\right)^{\frac{1}{1-\eta_1}},$$

Ecuación (11),

$$1 = \{(1-\alpha_c)(\kappa_t^{d,c})^{1-\eta} + \alpha_c (s_t)^{1-\eta}\}^{\frac{1}{1-\eta}},$$

Ecuación (15),

$$\kappa_t^{d,c} = \left(\sum_{j=1}^{4} \alpha_j^c \left(\kappa_t^j\right)^{1-\eta_2}\right)^{\frac{1}{1-\eta_2}},$$

Ecuación (26),

$$\kappa_t^e = \left(\sum_{j=1}^{3} \alpha_j^e \left(\kappa_t^j\right)^{1-\eta_3}\right)^{\frac{1}{1-\eta_3}},$$

Ecuación (24),

$$\kappa_t^j = \sum_{i=1}^{4} \kappa_t^i a_{i,j} + s_t a_{m,j} + \frac{1}{1-\tau_j}\left(G_t^j(w_t, r_t, Z_t^j) - \mu_t^j\right), \;\; j \in \{1,2,3\}.$$

II.6. Variables exógenas

Se asume que $Z_t \equiv (Z_t^1, Z_t^2, Z_t^3, P_t^p)$ es determinado exógenemante. Donde Z_t^j es el *shock* de productividad del sector j, P_t^p representa el precio del producto de exportación básica, que en nuestro caso es el petróleo. Asumimos que Z_t sigue un vector autoregresivo de orden uno, AR(1). Es decir,

$$Z_t = A_0 + AZ_{t-1} + \varepsilon_t^z. \tag{30}$$

La matriz A se supone diagonal. Por su parte, el vector de *shocks*, ε_t, sigue una distribución normal multivariada con media cero y matriz de varianza-covarianza, Σ. Por simplicidad, asumimos que Y_t^* y P_t^* son constantes.

III. El equilibrio

Considere los siguientes vectores:

$$Z_t \equiv (Z_t^1, Z_t^2, Z_t^3, P_t^p),$$

$$X_t \equiv (K_t),$$

$$Y_t \equiv (C_t, L_t, x_t, C_t^1, C_t^2, C_t^3, C_t^4, C_t^*, Y_t^1, Y_t^2, Y_t^3, Y_t^4, Y_t^{p,d}, x_t^1, x_t^2, x_t^3, x_t^4, x_t^d, x_t^m, ...$$
$$...e_t, e_t^1, e_t^2, e_t^3, K_t^1, K_t^2, K_t^3, K_t^4, L_t^1, L_t^2, L_t^3, L_t^4, r_t, w_t, \kappa_t^x, \kappa_t^{d,c}, \kappa_t^{d,x}, \kappa_t^{p,*}, \kappa_t^e, ...$$
$$...s_t, \kappa_t^1, \kappa_t^2, \kappa_t^3, c_t^B, tax_t, \mu_t^1, \mu_t^2, \mu_t^3, \tau_t^f).$$

Dado el proceso estocástico para Z_t y la regla fiscal $(\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_c, \tau_x, \tau_e, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3)$, un **equilibrio estacionario** implica sendos procesos estacionarios, para X_t e Y_t, tal que las siguientes condiciones se cumplan:

1. La familia representativa maximiza:

$$w_t = -\frac{U_{L_t}(C_t, L_t)}{U_{C_t}(C_t, L_t)} \Rightarrow w_t = (1+\tau_c) L_t^{\theta},$$
$$-(1+\tau_x)\, U_{C_t}(C_t, L_t)\kappa_t^x + \beta \mathsf{E}_t\{(r_{t+1} + (1-\delta)(1+\tau_x)\kappa_{t+1}^x)\, U_{C_t}(C_{t+1}, L_{t+1})\} = 0 \tag{eq. N°1}$$

$$-(1+\tau_x)(C_t-\frac{L_t^{1+\theta}}{1+\theta})^{-\gamma}\kappa_t^x+\beta \mathsf{E}_t\{(r_{t+1}+(1-\delta)(1+\tau_x)\kappa_{t+1}^x)(C_{t+1}-\frac{L_{t+1}^{1+\theta}}{1+\theta})^{-\gamma}\}=0 \quad \text{(eq. N°2)}$$

$$K_t=(1-\delta)K_{t-1}+x_t\,, \quad \text{(eq. N°3)}$$

$$(1+\tau_c)C_t+(1+\tau_x)\kappa_t^x x_t=w_t L_t+r_t K_{t-1}+\tau_t^f+d_t\,. \quad \text{(eq. N°4)}$$

con las siguientes demandas de bienes tipo insumo-producto:

$$C_t^j=\alpha_j^c\left(\frac{\kappa_t^j}{\kappa_t^{d,c}}\right)^{-\eta_2}(\kappa_t^{d,c})^{-\eta}(1-\alpha_c)C_t\,,\ j\in\{1,2,3,4\}, \quad \text{(eq. N°5-8)}$$

donde $\alpha_j^c\geq 0, j\in\{1,2,3,4\}$ y $\sum_{j=1}^4 \alpha_j^c=1$.

2. Las firmas productoras de los bienes insumo-producto maximizan y el mercado de insumos-productos está equilibrado:

$$Y_t^j=C_t^j+e_t^j+x_t^j+\sum_{k=1}^4 x_{j,k}=C_t^j+e_t^j+x_t^j+\sum_{k=1}^4 a_{j,k}Y_t^k\,,\ j\in\{1,2,3\}, \quad \text{(eq. N°9-11)}$$

$$e_t^j=\alpha_j^e\left(\frac{\kappa_t^j}{\kappa_t^e}\right)^{-\eta_3}e_t\,,\ j\in\{1,2,3\}, \quad \text{(eq. N°12-14)}$$

$$e_t=\left(\frac{(1+\tau_e)\kappa_t^e}{s_t}\right)^{-\eta_e}Y_t^* \quad \text{(eq. N°15)}$$

$$x_t^j=\alpha_j^x\left(\frac{\kappa_t^j}{\kappa_t^{d,x}}\right)^{-\eta_1}x_t^d\,,\ j\in\{1,2,3,4\}, \quad \text{(eq. N°16-19)}$$

$$x_t^d=(1-\alpha_x)\left(\frac{\kappa_t^{d,x}}{\kappa_t^x}\right)^{-\eta_x}x_t\,, \quad \text{(eq. N°20)}$$

$$Y_t^j=Z_t^j\left(\frac{\alpha_j w_t}{(1-\alpha_j)r_t}\right)^{\alpha_j}L_t^j\,,\ j\in\{1,2,3\}, \quad \text{(eq. N°21-23)}$$

$$L_t^j = \left(\frac{1-\alpha_j}{\alpha_j}\right)\left(\frac{r_t}{w_t}\right)K_t^j, \; j \in \{1,2,3\}. \qquad \text{(eq. N°24-26)}$$

Para el sector petrolero:

$$Y_t^4 = B, \qquad \text{(eq. N°27)}$$

$$L_t^4 = a_{4,l}\, B, \qquad \text{(eq. N°28)}$$

$$K_t^4 = a_{4,k}\, B. \qquad \text{(eq. N°29)}$$

3. Las firmas productoras de bienes insumo-producto y el sector exportador no petrolero tienen cero beneficios y el sistema de precios relativos satisface las definiciones correspondientes:

$$\kappa_t^j = \sum_{i=1}^{4} \kappa_t^i a_{i,j} + s_t a_{m,j} + \frac{1}{1-\tau_j}\left(G_t^j(w_t, r_t, Z_t^j) - \mu_t^j\right) j \in \{1,2,3\}, \qquad \text{(eq. N°30-32)}$$

$$\kappa_t^x = \{(1-\alpha_x)(\kappa_t^{d,x})^{1-\eta_x} + \alpha_x (s_t)^{1-\eta_x}\}^{\frac{1}{1-\eta_x}}, \qquad \text{(eq. N°33)}$$

$$\kappa_t^{d,x} = \left(\sum_{j=1}^{4} \alpha_j^x \left(\kappa_t^j\right)^{1-\eta_1}\right)^{\frac{1}{1-\eta_1}}, \qquad \text{(eq. N°34)}$$

$$1 = \{(1-\alpha_c)(\kappa_t^{d,c})^{1-\eta} + \alpha_c (s_t)^{1-\eta}\}^{\frac{1}{1-\eta}}, \qquad \text{(eq. N°35)}$$

$$\kappa_t^{d,c} = \left(\sum_{j=1}^{4} \alpha_j^c \left(\kappa_t^j\right)^{1-\eta_2}\right)^{\frac{1}{1-\eta_2}}, \qquad \text{(eq. N°36)}$$

$$\kappa_t^e = \left(\sum_{j=1}^{3} \alpha_j^e \left(\kappa_t^j\right)^{1-\eta_3}\right)^{\frac{1}{1-\eta_3}}, \qquad \text{(eq. N°37)}$$

$$\kappa_t^{p,*} = \frac{P_t^p}{P_t^*}. \qquad \text{(eq. N°38)}$$

4. La dinámica de las transferencias satisface la regla fiscal:

$$tax_t = \sum_{j=1}^{3} \tau_j (\kappa_t^j - \sum_{i=1}^{4} \kappa_t^i a_{i,j} - s_t a_{m,j}) Y_t^j + \tau_c C_t + \tau_x \kappa_t^x x_t + \tau_e \kappa_t^e e_t, \qquad \text{(eq. N°39)}$$

$$\mu_t^j = \gamma_j \frac{tax_t + \kappa_t^4 Y_t^{p,d} - c_t^B + s_t \kappa_t^{p,*}(B - Y_t^{p,d}) - s_t a_{m,4} B}{Y_t^j}, \quad j \in \{1,2,3\}, \qquad \text{(eq. N°40-42)}$$

$$\tau_t^f = (1 - \sum_{j=1}^{3} \gamma_j)(tax_t + \kappa_t^4 Y_t^{p,d} - c_t^B + s_t \kappa_t^{p,*}(B - Y_t^{p,d}) - s_t a_{m,4} B), \qquad \text{(eq. N°43)}$$

$$c_t^B = (a_{1,4}\kappa_t^1 + a_{2,4}\kappa_t^2 + a_{3,4}\kappa_t^3 + a_{4,4}\kappa_t^4 + a_{4,k} r_t + a_{4,l} w_t) B. \qquad \text{(eq. N°44)}$$

5. La balanza de pagos está equilibrada y la dispersión de precios de variedades importadas sigue su representación recursiva:

$$P_t^* (C_t^* + x_t^m + \sum_{j=1}^{4} a_{m_j} Y_t^j) = P_t^p (B - Y_t^{p,d}) + \frac{(1+\tau_e) P_t^e}{s_t} e_t,$$

$$\Rightarrow C_t^* + x_t^m + \sum_{j=1}^{4} a_{m_j} Y_t^j = \kappa_t^{p,*}(B - Y_t^{p,d}) + \frac{(1+\tau_e)\kappa_t^e}{s_t} e_t, \qquad \text{(eq. N°45)}$$

$$C_t^* = \alpha_c (s_t)^{-\eta} C_t, \qquad \text{(eq. N°46)}$$

$$x_t^m = \alpha_x \left(\frac{s_t}{\kappa_t^x} \right)^{-\eta_x} x_t. \qquad \text{(eq. N°47)}$$

6. Vaciado de mercado de factores y del bien insumo-producto importado:

$$L_t = \sum_{j=1}^{4} L_t^j, \qquad \text{(eq. N°48)}$$

$$K_{t-1} = \sum_{j=1}^{4} K_t^j .^{7} \qquad \text{(eq. N°49)}$$

---

[7] El *stock* de capital agregado en t está dado por K_{t-1}. Este *stock* es usado entre todas las firmas cuya demanda está dada por K_t^j, $j \in \{1,\ldots,4\}$.

IV. Calibración

Los parámetros a calibrar son:

$$\Theta \equiv (\beta,\theta,\gamma,\delta,\eta_x,\eta,\eta_1,\eta_2,\eta_3,\eta_e,a_{i,j}\ \forall(i,j)\in\{1,2,3,4\},a_{m,j}\ \forall j\in\{1,2,3,4\},...$$

$$..a_{4,k},a_{4,l},B,\overline{P}_t^4,Y_t^*,P_t^*,\alpha_c,\alpha_x,\alpha_1^x,\alpha_2^x,\alpha_3^x,\alpha_4^x,\alpha_1^c,\alpha_2^c,\alpha_3^c,\alpha_4^c,\alpha_1^e,\alpha_2^e,\alpha_3^e,...$$

$$..\alpha_1,\alpha_2,\alpha_3,\tau_1,\tau_2,\tau_3,\tau_c,\tau_x,\tau_e,\gamma_1,\gamma_2,\gamma_3,A_0,diag(A),diag(\Sigma)),$$

lo que implica que $\Theta\in R^{73}$.

La calibración está basada en la Matriz de Insumo-Producto estimada para Venezuela base 1997 y agregada en 4 sectores (ver Tabla 2 del Anexo B). El procedimiento utilizado corresponde a la práctica estándar de esta clase de modelos, es decir: los precios endógenos son considerados iguales a uno en el equilibrio inicial (año base) y los parámetros y elasticidades son determinados a través de las matrices y formas funcionales especificadas en el modelo. El resumen de todos los parámetros calibrados se encuentra en la Tabla 1 del mismo anexo. Los detalles de la calibración y del cálculo del estado estacionario se encuentran en el Anexo A.

V. Resultados

Los siguientes gráficos ilustran el hallazgo central de este documento: el entramado de relaciones intersectoriales y la formación de expectativas son fundamentales en la respuesta de la economía a perturbaciones.

Los gráficos 2 a 6 del Anexo B nos muestran las funciones de impulso-respuesta (IR) de los *shocks* para cada uno de los sectores y a nivel agregado, donde se observa el rol que pueden jugar las relaciones intersectoriales en un modelo dinámico estocástico. Para esto, comparamos el modelo base (línea continua) con el modelo cuando anulamos las relaciones intersectoriales (línea discontinua). Este último escenario resulta simplemente de imponer los coeficientes técnicos $a_{ij}=0,\forall i,j\in\{1,...,4\}$.

Por ejemplo, en los gráficos 2 a 4 se muestra el efecto de los *shocks* tecnológicos específicos de cada sector. En general, podemos observar que, en ausencia de relaciones intersectoriales (la línea discontinua), un *shock* tecnológico positivo en un sector tiene efectos negativos en, por lo menos, uno de los demás sectores.

Dicho efecto no parece ser tan perverso cuando existen relaciones de demanda entre los diferentes sectores. Como podemos observar en los gráficos, cuando existen relaciones intersectoriales, modelo base (línea continua), un *shock* positivo en uno de los sectores tiene un efecto positivo en todos los sectores restantes. Esto sugiere que el incremento en la demanda de los productos de los sectores que no tienen el *shock* tecnológico positivo por parte del sector que goza del *shock* tecnológico positivo estimula la producción en los sectores restantes generando crecimiento en todos ellos.

El Gráfico 5 muestra las IR ante un *shock* petrolero. Si bien en ambos casos el *shock* es expansivo, al incrementar el producto, el empleo y acervo de capital, existe una diferencia significativa en términos de la magnitud de la respuesta. Como es de esperar, con relaciones intersectoriales la respuesta de todas las variables es mucho mayor. Una respuesta similar observamos en el Gráfico 6. En ese caso mostramos un *shock* positivo en todos los sectores simultáneamente (similar a un *shock* a la productividad total de los factores en toda la economía). La diferencia cuantitativa entre estos dos escenarios alerta sobre la conveniencia de modelos de ciclos “estándar” para estudiar la respuesta de la economía a *shocks*.

Por su parte, los gráficos 7 a 10 del Anexo B muestran los *shocks* sobre los sectores, y permiten observar la importancia que desempeñan las expectativas en la dinámica del modelo. Para esto, comparamos el modelo de expectativas racionales (modelo base), con aquel donde la acumulación de capital está basada en una regla de tipo Solow; es decir, una regla en la cual la familia invierte una fracción (constante) de su ingreso disponible. En esencia, este tipo de reglas son las impuestas en los modelos de equilibrio general aplicado para generar trayectorias dinámicas. Cabe destacar que, aun sin fricciones en este modelo, la respuesta inicial del consumo con expectativas racionales es diferente, siendo ésta menor en todos y cada uno de los diferentes *shocks*, dando como resultado que la propagación intertemporal del *shock* (mediante la inversión y su concomitante acumulación de capital) es mayor en el modelo base (línea continua) comparado con el modelo con acumulación *á la* Solow (línea discontinua). Esto se debe a que bajo expectativas racionales la inversión se ajusta a fin de promover una transición suave del consumo. El resto de las variables se comporta de forma muy similar, cuantitativa y cualitativamente, en ambos modelos, siendo el modelo con expectativas un poco más persistente en todos los casos.

Finalmente, en el Gráfico 11 se comparan el modelo base y el modelo sin expectativas para diferentes niveles de persistencia del *shock* petrolero. Lo primero que debemos observar es que el modelo sin expectativas no distingue entre un *shock* permanente y un *shock* transitorio y, por lo tanto, su respuesta inicial es siempre la misma. Esto trae como consecuencia que la persistencia de los efectos del *shock* sobre las variables del modelo sea menor en el modelo sin expectativas en comparación con el modelo base. En el gráfico del consumo del modelo base se observa que el mismo reacciona de forma diferente para los diferentes niveles de persistencia. A mayor persistencia del *shock*, mayor es el aumento del consumo. Esto es consistente con la teoría del ingreso permanente que implica que cambios permanentes de ingreso tienen un fuerte impacto en el consumo y, en consecuencia, un menor impacto en la acumulación de capital contemporánea. Cuando el *shock* es transitorio ($\rho = 0{,}01$) se produce una respuesta mucho menor en el consumo del modelo con expectativas, permitiendo una mayor inversión al momento del *shock*, y promoviendo una transición más suave del consumo en comparación con el modelo sin expectativas. Esto nos permite inferir que ambos modelos se comportan en forma similar ante *shocks* permanentes, y que las expectativas juegan un rol más importante para determinar la dinámica del modelo ante *shocks* transitorios.

VI. Comentarios finales

En este trabajo se presenta un modelo dinámico estocástico con relaciones intersectoriales calibrado para Venezuela. El modelo es empleado para evaluar la respuesta agregada y sectorial a *shocks* de diferente naturaleza, bajo diversos supuestos de interconexión sectorial y formación de expectativas. Los resultados sugieren que la omisión de la relaciones intersectoriales y el tratamiento inadecuado de las expectativas pueden producir resultados o dinámicas irreales. No obstante, en términos cuantitativos, la omisión de expectativas racionales parece ser menos crítica.

Además, el modelo presentado en este trabajo podría interpretarse como un "puente" entre los enfoques de los modelos DSGE y los CGE. Por una parte, mantiene la estructura básica de un DSGE, y por otra, incorpora las relaciones intersectoriales al especificar la tecnología productiva. Esto permite explorar dos estrategias mediante las cuales analizar la proximidad entre ambos enfoques en un modelo anidado. En primer lugar, al anular las expectativas de la ecuación de Euler y hacer depender el consumo privado del ingreso corriente, es posible acercarnos al modelo computable estándar. Por otra parte, al eliminar de la simulación las relaciones intersectoriales, es posible converger al modelo dinámico estocástico estándar.

En términos generales, el entorno dinámico, aporta un marco conceptual que enriquece el análisis de políticas sectoriales, en relación al de los modelos estáticos, dando así continuidad a una agenda de investigación cuya importancia ha sido remarcada de forma reiterada (Kehoe y Kehoe, 1994; Kehoe y Serra-Puche, 1986). Futuras extensiones del modelo aquí descrito podrían entonces incluir el análisis de políticas destinadas a la canalización del crédito, subsidios agrícolas, análisis de los controles de precios y/o el efecto de planes de estímulos a la producción.

Un aspecto importante que está ausente en el presente trabajo es el estudio de la política monetaria y sus efectos en los distintos sectores de la economía. Esta es una extensión importante que queda para futuras investigaciones, incluyendo un mejor modelaje de la cuenta de capitales en la cual se permita ahorro o deuda externa. Nuestra intuición es que incorporando dinero en el modelo y algunas fricciones nominales, las expectativas podrían jugar un rol mucho más importante que el que hemos observado en este trabajo.

En conclusión, el trabajo resalta la importancia de considerar las relaciones intersectoriales en los DSGE pero también la importancia de cómo se modelan las expectativas, especialmente cuando el modelo incluye *shocks* de diferente naturaleza en cuanto a su persistencia. El estudio muestra que es factible la construcción de modelos cuantitativos que tengan este nivel de riqueza.

Referencias

Basu, S. (1995); "Intermediate Goods and Business Cycles: Implications for Productivity and Welfare". *American Economic Review*, 85(3), pp. 512-31.

Bovenberg, A. L. y L. H. Goulder (1991); "Introducing Intertemporal and Open Economy Features in Applied General Equilibrium Models". *Springer Netherlands*, 139(2), pp. 186-203.

Carvalho, V. M. (2009); "Aggregate Fluctuations and the Network Structure of Intersectoral Trade". Technical Report, CREi and Universitat Pompeu Fabra.

Devarajan, S. y S. Robinson (2002); "The Influence of Computable General Equilibrium Models on Policy". TMD discussion papers 98, International Food Policy Research Institute (IFPRI).

Dixon, P. B. y M. T. Rimmer (2008); "Dynamic General Equilibrium Modeling for Forecasting and Policy". Technical Report, Centre of Policy Studies. Monash University.

Escudé, G. (2010); "Modelos de equilibrio general dinámico y estocástico (EDGE): Una introducción". Documento de Trabajo, Banco Central de la República Argentina.

Galí, J. y M. Gertler (2007); "Macroeconomic Modeling for Monetary Policy Evaluation". NBER Working Papers 13542, National Bureau of Economic Research, octubre.

Ginsburgh, V. A. (1983); "Kemal Dervis, Jaime de Melo and Sherman Robinson, General Equilibrium Models for Development Policy, Cambrige University Press, 1982". ULB Institutional Repository, ULB - Universite Libre de Bruxelles.

Goulder, L. H. y L. H. Summers (1989); "Tax Policy, Asset Prices, and Growth: A General Equilibrium Analysis". *Journal of Public Economics*, 38(3), pp. 265-296.

Greenwood, J., Z. Hercowitz y G. W. Huffman (1988); "Investment, Capacity Utilization, and the Real Business Cycle". *American Economic Review*, 78(3), pp. 402-417.

Johnson, T. (1985); “A Continuous Leontief Dynamic Input-Output Model”. *Regional Science*, 59(1), pp. 177-188.

Jorgenson, D. W. y P. J. Wilcoxen (1991); “Reducing US Carbon Dioxide Emissions: The Cost of Different Goals”. Harvard Institute of Economic Research Working Papers 1575, Harvard - Institute of Economic Research.

Kehoe, P. J. y T. J. Kehoe (1994); “A Primer on Static Applied General Equilibrium Models”. *Quarterly Review* (Spr), pp. 2-16.

Kehoe, T. J. (1996); “Social Accounting Matrices and Applied General Equilibrium Models”. Working Papers 563, Federal Reserve Bank of Minneapolis.

Kehoe, T. J. y J. Serra-Puche (1986); “A General Equilibrium Analysis of Price Controls and Subsidies on Food in Mexico”. *Journal of Development Economics*, 21(1), pp. 65-87.

Kemal, D. (1975); “Planning Capital-Labor Substitution and Intertemporal Equilibrium with a Non-Linear Multi-Sector Growth Model”. *European Economic Review*, 6(1), pp. 77-96.

Kendrick, D. A. (1972); “On the Leontief Dynamic Inverse”. *The Quarterly Journal of Economics*, 86(4), pp. 693-96.

Kouparitsas, M. (1998); “Dynamic Trade Liberalization Analysis: Steady State, Transitional and Inter-Industry Effects”. Working Papers 98-15, Federal Reserve Bank of Chicago.

Kurz, H. D. y N. Salvadori (2000); “The Dynamic Leontief Model and the Theory of Endogenous Growth”. *Economic Systems Research*, 12(2), pp. 255-265.

Kydland, F. E. y E. C. Prescott (1982); “Time to Build and Aggregate Fluctuations”. *Econometrica*, 50(6), pp. 1345-70.

Leontief, W. (1970); “The Dynamic Inverse” en: *Contributions to Input-Output Analysis*. Technical Report.

Livesey, D. A. (1973); "The Singularity Problem in the Dynamic Input-Output Model". *International Journal of Systems Science*, 4(3), pp. 437-40.

Luenberger, D. G. y A. Arbel (1977); "Notes and Comments. Singular Dynamic Leontief Systems". *The Econometric Society*, 45(4), pp. 991-95.

Mercenier, J. y S. de Souza (1994); "Structural Adjustment and Growth in a Highly Indebted Economy: Brazil". Technical Report.

Rodriguez, F. y J. Sachs (1999); "Why Do Resource-Abundant Economies Grow More Slowly?". *Journal of Economic Growth*, 4(3), pp. 277-303.

Sbordone, A. M., A. Tambalotti, K. Rao y K. Walsh (2010); "Policy Analysis Using DSGE Models: An Introduction". *Economic Policy Review*, pp. 23-43.

Shoven, J. B. y J. Whalley (1984); "Applied General-Equilibrium Models of Taxation and International Trade: An Introduction and Survey". *Journal of Economic Literature*, 22(3), pp. 1007-51.

Szyld, D. B. (1985); "Conditions for the Existence of a Balanced Growth Solution for the Leontief Dynamic Input-Output Model". *Econometrica*, 53(6), pp. 1411-19.

Woods, J. E. (1985); "On Dynamic Analysis of a Leontief Model with Fixed Capital". *The Journal of the Australian Mathematical Society*, pp. 473-483.

Anexo A

Calibración y calculo del estado estacionario

La calibración de los parámetros y el cálculo del estado estacionario están basadas en la matriz de Insumo-Producto estimada para Venezuela año base 1997 y agregada en 4 sectores (primario, secundario, terciario y petrolero), mostrada en la Tabla 2 del Anexo B. Las cantidades están expresadas en miles de bolívares. El procedimiento utilizado corresponde a la práctica estándar de esta clase de modelos, es decir: los precios endógenos son considerados iguales a uno en el equilibrio inicial (año base) y los parámetros son determinados a través de las matrices y formas funcionales específicas del modelo.

Consideremos la siguiente notación:

MA: Matriz de orden 9x4, correspondiente a las columnas de la matriz Insumo-Producto de los sectores productivos (Sp, Ss, St, Spetro).
MI: Matriz columna de orden 9x1, columna de Formación Bruta de Capital Fijo (FBKF).
MC: Matriz columna de orden 9x1, columna del Consumo Final (CFH).
ME: Matriz columna de orden 9x1, columna de las exportaciones (Export).

El siguiente ajuste se hace para garantizar que la balanza comercial esté en equilibrio. En esta versión del modelo no existe ahorro o deuda pública en activos externos. El desbalance existente en la cuenta de capitales se le adjudica a las exportaciones petroleras por el lado de la demanda y al excedente de explotación del sector petrolero por el lado de la oferta.

AjusteBC = ME(9) - ($\sum_{j=1}^{4}(MA(5,j))$) + MC(5)+MI(5))
ME(4) = ME(4) - AjusteBC.
MA(7,4) = MA(7,4) - AjusteBC.
MA(9,4) = MA(9,4) - AjusteBC.

Ajuste del excedente de explotación del sector petrolero. Se supone que la proporción de excedente de explotación para el sector petrolero sea igual al sector manufacturero (sector 2). Y el resto de excedente del sector petrolero se anexa a los impuestos.

Propcapital = MA(7,2)/MA(9,2).
CapitalP = Propcapital*MA(9,4).
MA(7,4) = CapitalP.

Los parámetros y variables en estado estacionario obtenidas directamente de la matriz de Insumo-Producto son las siguientes:

Coeficientes técnicos para el insumo: $a_{i,j}=\dfrac{MA(i,j)}{MA(9,j)}$ $\qquad i,j\in\{1,2,3,4\}$.

Coeficientes técnicos para el sector de importación: $a_{m,j}=\dfrac{MA(5,j)}{MA(9,j)}$ $j\in\{1,2,3,4\}$.

La producción petrolera: $B=MA(9,4)$.

Impuesto al valor agregado del sector 1: $\tau_1=\dfrac{MA(8,1)}{MA(9,1)-\sum_{i=1}^{5}(MA(i,1))}$.

Impuesto al valor agregado del sector 2: $\tau_2=\dfrac{MA(8,2)}{MA(9,2)-\sum_{i=1}^{5}(MA(i,2))}$.

Impuesto al valor agregado del sector 3: $\tau_3=\dfrac{MA(8,3)}{MA(9,3)-\sum_{i=1}^{5}(MA(i,3))}$.

Impuesto al consumo: $\tau_c=\dfrac{MC(8)}{\sum_{i=1}^{5}(MC(i))}$.

Impuesto a la inversión: $\tau_x=\dfrac{MI(8)}{\sum_{i=1}^{5}(MI(i))}$.

Impuesto a las exportaciones: $\tau_e=\dfrac{ME(8)}{\sum_{i=1}^{3}(ME(i))}$.

Inversión total: $x=\sum_{i=1}^{5}(MI(i))$.

Inversión por sector: $x^j=MI(j)$. $\qquad j\in\{1,2,3,4\}$.

Inversión extranjera: $x^m=MI(5)$.

Consumo total: $C=\sum_{i=1}^{5}(MC(i))$.

Consumo del sector j: $C^{j}=MC(j)$. $j\in\{1,2,3,4\}$.

Consumo importado: $C^{*}=MC(5)$.

Exportaciones no petroleras: $e=\sum_{i=1}^{3}(ME(i))$.

Exportaciones del sector j: $e^{j}=ME(j)$. $j\in\{1,2,3\}$.

Producción del sector j: $Y^{j}=MA(9,j)$. $j\in\{1,2,3,4\}$.

El resto de parámetros y variables se obtienen por deducción de las ecuaciones del equilibrio, mostradas a continuación.

Para obtener el trabajo, L, consideremos la ecuación (eq. N°1) del equilibrio:

$$w=(1+\tau_{c})L^{\theta}$$

$$\Rightarrow wL=(1+\tau_{c})L^{1+\theta}$$

$$\Rightarrow L=\left(\frac{wL}{1+\tau_{c}}\right)^{\frac{1}{1+\theta}}. \tag{A.1}$$

Dado que la remuneración salarial, wL, se puede obtener directamente de la matriz Insumo-Producto como: $wL=\sum_{j=1}^{4}(MA(6,j))$, el valor de L se calcula de (A.1).

De la ecuación (eq. N°4) se obtiene las transferencias del gobierno a los hogares, τ^{f}:

$$(1+\tau_{c})C+(1+\tau_{x})\kappa^{x}x=wL+rK+\tau^{f}+d$$

$$\Rightarrow \tau^{f}=(1+\tau_{c})C+(1+\tau_{x})x-wL-rK. \tag{A.2}$$

De la ecuación (eq. N°12-14) se obtiene el sesgo a las exportaciones del bien j, α_{j}^{e}, para $j\in\{1,2,3\}$:

$$e^j = \alpha_j^e \left(\frac{\kappa^j}{\kappa^e} \right)^{-\eta_3} e$$

$$\Rightarrow \alpha_j^e = \frac{e^j}{e}. \tag{A.3}$$

De la ecuación (eq. N°15) se obtiene la producción del resto del mundo, Y^*:

$$e = \left(\frac{(1+\tau_e)\kappa^e}{s} \right)^{-\eta_e} Y^*$$

$$\Rightarrow Y^* = \frac{e}{(1+\tau_e)^{-\eta_e}}. \tag{A.4}$$

De la ecuación (eq. N°47) se obtiene el sesgo al insumo importado en la tecnología del bien de capital, α_x:

$$x^m = \alpha_x \left(\frac{s}{\kappa^x} \right)^{-\eta_x} x$$

$$\Rightarrow \alpha_x = \frac{x^m}{x}. \tag{A.5}$$

De la ecuación (eq. N°20) se obtiene la producción doméstica agregada, x^d:

$$x^d = (1-\alpha_x) \left(\frac{\kappa^{d,x}}{\kappa^x} \right)^{-\eta_x} x$$

$$\Rightarrow x^d = (1-\alpha_x)x. \tag{A.6}$$

De la ecuación (eq. N°16-19) se obtiene el sesgo a la inversión del bien j, α_j^x, para $j \in \{1,2,3,4\}$:

$$x^j = \alpha_j^x \left(\frac{\kappa^j}{\kappa^{d,x}} \right)^{-\eta_1} x^d$$

$$\Rightarrow \alpha_j^x = \frac{x^j}{x^d}. \tag{A.7}$$

De la ecuación (eq. N°24-26) se obtiene el capital share del sector j, α_j, para $j \in \{1,2,3\}$:

$$L^j = \left(\frac{1-\alpha_j}{\alpha_j}\right)\left(\frac{r}{w}\right)K^j$$

$$\Rightarrow wL^j = \frac{1}{\alpha_j} rK^j - rK^j$$

$$\Rightarrow \alpha_j = \frac{rK^j}{wL^j + rK^j} \tag{A.8}$$

Los términos rK^j y wL^j, representan el excedente de explotación y la remuneración de los asalariados para cada sector j, respectivamente. Estos se pueden obtener de manera directa de la matriz insumo-producto como:

$$rK^j = MA(7,j) \ \ y \ \ wL^j = MA(6,j)$$

De la ecuación (eq. N°45) se obtiene el sesgo al consumo doméstico, α_c:

$$C^* = \alpha_c (s)^{-\eta} C$$

$$\Rightarrow \alpha_c = \frac{C^*}{C}. \tag{A.9}$$

De la ecuación (eq. N°5-8) se obtiene el sesgo al consumo del bien j, α_j^c, para $j \in \{1,2,3,4\}$:

$$C^j = \alpha_j^c \left(\frac{\kappa^j}{\kappa^{d,c}}\right)^{-\eta_2} (\kappa^{d,c})^{-\eta} (1-\alpha_c) C$$

$$\Rightarrow \alpha_j^c = \frac{C^j}{(1-\alpha_c)C}. \tag{A.10}$$

De la ecuación (eq. N°40-42) se obtiene el impuesto, tax:

$$tax = \sum_{j=1}^{3} \tau_j (\kappa^j - \sum_{i=1}^{4} \kappa^i a_{i,j} - sa_{m,j}) Y^j + \tau_c C + \tau_x \kappa^x x + \tau_e \kappa^e e$$

$$\Rightarrow tax = \sum_{j=1}^{3} \tau_j (1 - \sum_{i=1}^{4} a_{i,j} - sa_{m,j}) Y^j + \tau_c C + \tau_x x + \tau_e e. \qquad \text{(A.11)}$$

De la ecuación (eq. N°46) se obtiene la demanda doméstica de petróleo, $Y^{p,d}$:

$$C^* + x^m + \sum_{j=1}^{4} a_{m_j} Y^j = \kappa^{p,*}(B - Y^{p,d}) + \frac{(1+\tau_e)\kappa^e}{s} e$$

$$\Rightarrow Y^{p,d} = B + (1+\tau_e)e - C^* - x^m - \sum_{j=1}^{4} a_{m,j} Y^j. \qquad \text{(A.12)}$$

De la ecuación (eq. N°44) se obtienen los costos de producción sector petrolero, c^B:

$$\tau^f = (1 - \sum_{j=1}^{3} \gamma_j)(tax + \kappa^4 Y^{p,d} - c^B + s\kappa^{p,*}(B - Y^{p,d}) - sa_{m,4} B)$$

$$\Rightarrow c^B = tax + B - a_{m,4} B - \frac{\tau^f}{1 - \sum_{j=1}^{3} \gamma_j}. \qquad \text{(A.13)}$$

De la ecuación (eq. N°1) se obtiene el salario, w:

$$w = (1+\tau_c) L^{\theta}. \qquad \text{(A.14)}$$

De la ecuación (eq. N°3) obtenemos el capital, K:

$$K = \frac{x}{\delta} \qquad \text{(A.15)}$$

La remuneración al capital, r, se obtiene de la siguiente forma:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{4} MA(7,i))}{K}. \qquad \text{(A.16)}$$

Las variables en estado estacionario de trabajo y capital para cada sector j, con $j \in \{1,2,3,4\}$, se pueden obtener de la siguiente manera:

$$L^j = \frac{MA(6,j)}{w} \quad y \quad K^j = \frac{MA(7,j)}{r} \tag{A.17}$$

Los coeficientes técnicos para el trabajo y capital se obtiene de la siguiente forma:

$$a_{4,l} = \frac{L^4}{B} \quad y \quad a_{4,k} = \frac{K^4}{B} \tag{A.18}$$

De la ecuación (eq. N°2) obtenemos el factor de descuento, β:

$$-(1+\tau_x)+\beta(r+(1-\delta)(1+\tau_x)=0$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{1+\tau_x}{r+(1-\delta)(1+\tau_x)} \tag{A.19}$$

De la ecuación (eq. N°40-42) obtenemos las transferencia a los sectores productivos, u_j con $j \in \{1,2,3\}$:

$$\mu^j = \gamma_j \frac{tax + \kappa^4 Y^{p,d} - c^B + s\kappa^{p,*}(B - Y^{p,d}) - sa_{m,4}B}{Y^j}$$

$$\Rightarrow \mu^j = \gamma_j \frac{tax - c^B + B - a_{m,4}B}{Y^j}. \tag{A.20}$$

Anexo B

Tablas y gráficos

Tabla 1 / Valores de los Parámetros

Parámetro	Valor	Fuente
Factor de descuento (β)	0,96	Kydland y Prescott (1982)
Inversa de la elasticidad de la oferta de trabajo (θ)	0,06	Greenwood, Hercowitz y Huffman (1988)
Coeficiente de aversión al riesgo (γ)	1,15	Calibrado
Elasticidad de sustitución entre los bienes de inversión doméstica (η_1)	2,5	Calibrado
Elasticidad de sustitución entre los bienes de consumo domésticos (η_2)	2,5	Calibrado
Elasticidad de sustitución entre los bienes importados (η_3)	2,5	Calibrado
Elasticidad de sustitución entre los bienes de inversión doméstica e importados (η_x)	0,78	Pedauga-Sáez
Elasticidad de sustitución entre los bienes de consumo doméstico e importado (η)	1,25	Pedauga-Sáez
Elasticidad de sustitución entre entre los bienes de exportación (η_e)	2	Calibrado
Sesgo al consumo doméstico (α_c)	0,0722	Matriz Insumo-Producto
Sesgo al consumo del bien 1 (α_1^c)	0,0294	Matriz Insumo-Producto
Sesgo al consumo del bien 2 (α_2^c)	0,2870	Matriz Insumo-Producto
Sesgo al consumo del bien 3 (α_3^c)	0,6708	Matriz Insumo-Producto
Sesgo al consumo del bien 4 (α_4^c)	0,0129	Matriz Insumo-Producto
Sesgo a la inversión del bien 1 (α_1^x)	0,0145	Matriz Insumo-Producto
Sesgo a la inversión del bien 2 (α_2^x)	0,2171	Matriz Insumo-Producto
Sesgo a la inversión del bien 3 (α_3^x)	0,7598	Matriz Insumo-Producto
Sesgo a la inversión del bien 4 (α_4^x)	0,0086	Matriz Insumo-Producto
Sesgo a las exportaciones del bien 1 (α_1^e)	0,0140	Matriz Insumo-Producto
Sesgo a las exportaciones del bien 2 (α_2^e)	0,7252	Matriz Insumo-Producto
Sesgo a las exportaciones del bien 3 (α_3^e)	0,2338	Matriz Insumo-Producto
Sesgo al insumo importado en la tecnología del bien de capital (α_x)	0,1958	Matriz Insumo-Producto
Share del capital del sector 1 (α_1)	0,4938	Matriz Insumo-Producto
Share del capital del sector 2 (α_2)	0,5910	Matriz Insumo-Producto

Tabla 1 / Valores de los Parámetros (continuación)

Parámetro	Valor	Fuente
Share del capital del sector 3 (α_3)	0,3674	Matriz Insumo-Producto
Tasa de depreciación (δ)	0,1458	Matriz Insumo-Producto
Barriles de petróleo (B)	94017	Matriz Insumo-Producto
Fracción de los ingresos fiscales al sector 1 (γ_1)	0	Calibrado
Fracción de los ingresos fiscales al sector 2 (γ_2)	0	Calibrado
Fracción de los ingresos fiscales al sector 3 (γ_3)	0	Calibrado
Impuesto al valor agregado del sector 1 (τ_1)	0,0261	Calibrado
Impuesto al valor agregado del sector 2 (τ_2)	0,0223	Calibrado
Impuesto al valor agregado del sector 3 (τ_3)	0,0430	Calibrado
Impuesto al consumo (τ_c)	0,0575	Calibrado
Impuesto a la inversión (τ_x)	0,0289	Calibrado
Impuesto a las exportaciones (τ_e)	0,0779	Calibrado
Coeficientes técnicos para el insumo ($a_{i,j}$)	$\begin{pmatrix} 0{,}0966 & 0{,}0921 & 0{,}0028 & 0 \\ 0{,}1605 & 0{,}2320 & 0{,}1081 & 0{,}0102 \\ 0{,}1030 & 0{,}1501 & 0{,}1980 & 0{,}1105 \\ 0{,}0134 & 0{,}0086 & 0{,}0148 & 0{,}2184 \end{pmatrix}$	Matriz Insumo-Producto
Vectores de coeficientes técnicos para sector de importación $\begin{pmatrix} a_{m,1} \\ a_{m,2} \\ a_{m,3} \\ a_{m,4} \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0{,}0359 \\ 0{,}1515 \\ 0{,}0537 \\ 0{,}0717 \end{pmatrix}$	Matriz Insumo-Producto
Vectores de coeficientes técnicos para el trabajo y capital $\begin{pmatrix} a_{4,l} \\ a_{4,k} \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0{,}1112 \\ 1{,}0956 \end{pmatrix}$	Matriz Insumo-Producto

Tabla 2 / Matriz de Insumo - Producto para Venezuela (Miles de Bolívares, Año base 1997)

UF (p*p)	Sp	Ss	St	Spetro	FBKF	CFH	Export	Total
Sector primario (Sp)	315.971	1.882.684	98.136	-	131.980	703.049	137.744	**3.269.564**
Sector secundario (Ss)	524.841	4.741.201	3.798.591	95.615	1.969.049	6.869.187	2.438.764	**20.437.249**
Sector terciario (St)	336.841	3.067.712	6.957.035	1.038.668	6.892.207	16.058.479	786.198	**35.137.140**
Sector petrolero (extracción y refinación) (Spetro)	43.818	175.981	521.682	2.053.013	78.182	307.767	8.639.463	**11.819.906**
Importaciones (Import)	117.290	3.095.307	1.887.330	674.034	2.208.851	1.862.975	-	**9.845.787**
Remuneración de los asalariados + Ingreso mixto	951.939	2.988.942	13.243.974	1.299.672	-	-	-	**18.484.527**
Excedente de explotación, bruto (E)	928.501	4.318.555	7.690.629	6.479.913	-	-	-	**19.417.598**
Impuesto al Valor Agregado (IVA)	50.362	166.867	939.764	178.991	326.458	1.484.448	261.807	**3.408.696**
Total	**3.269.564**	**20.437.249**	**35.137.140**	**11.819.906**	**11.606.727**	**27.285.905**	**12.263.976**	

FBKF: Formación Bruta de capital Fijo + Variación en Existencia.

CFH: Consumo Final de los Hogares.

Export: Exportaciones.

Fuente: Sistema de Cuentas Nacionales, BCV. Línea de Investigación “Matrices de Contabilidad Social y Modelos de Equilibrio General Computable”.

Gráfico 2 / *Shock* persistente $(\rho = 0{,}75)$ sobre el sector 1 (Z1)

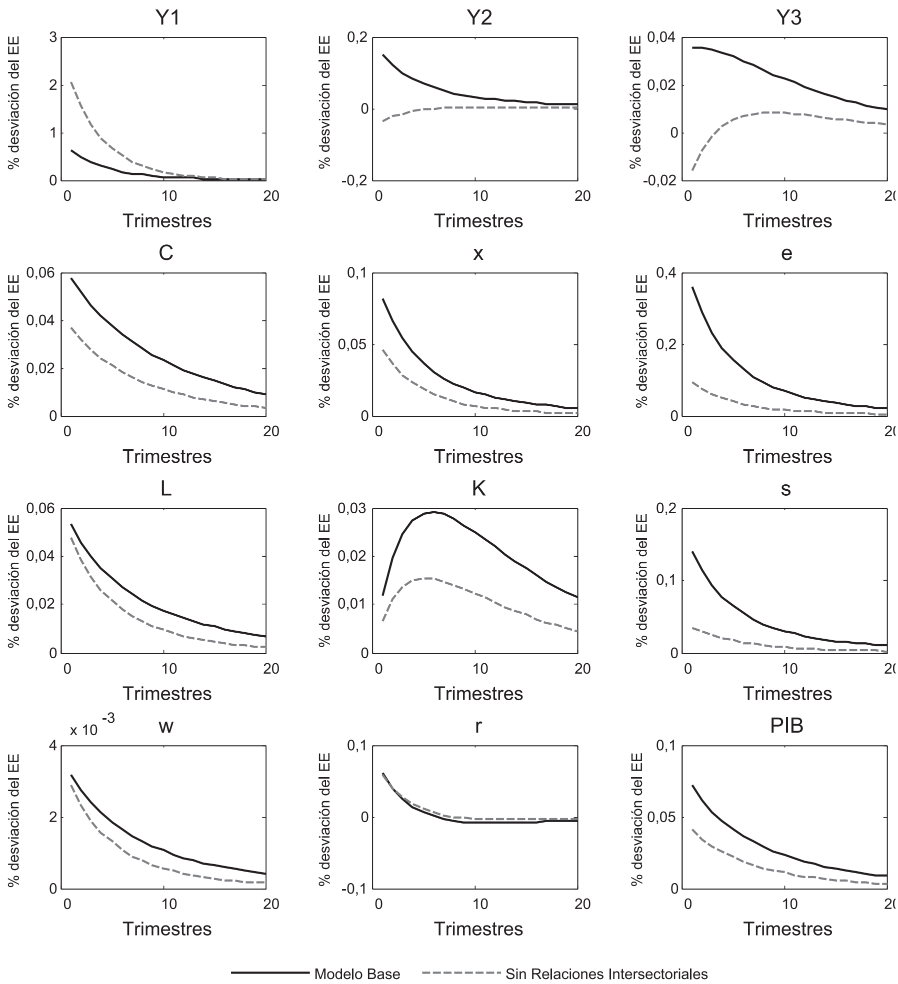


Gráfico 3 / *Shock* persistente $(\rho = 0{,}75)$ sobre el sector 2 (Z2)

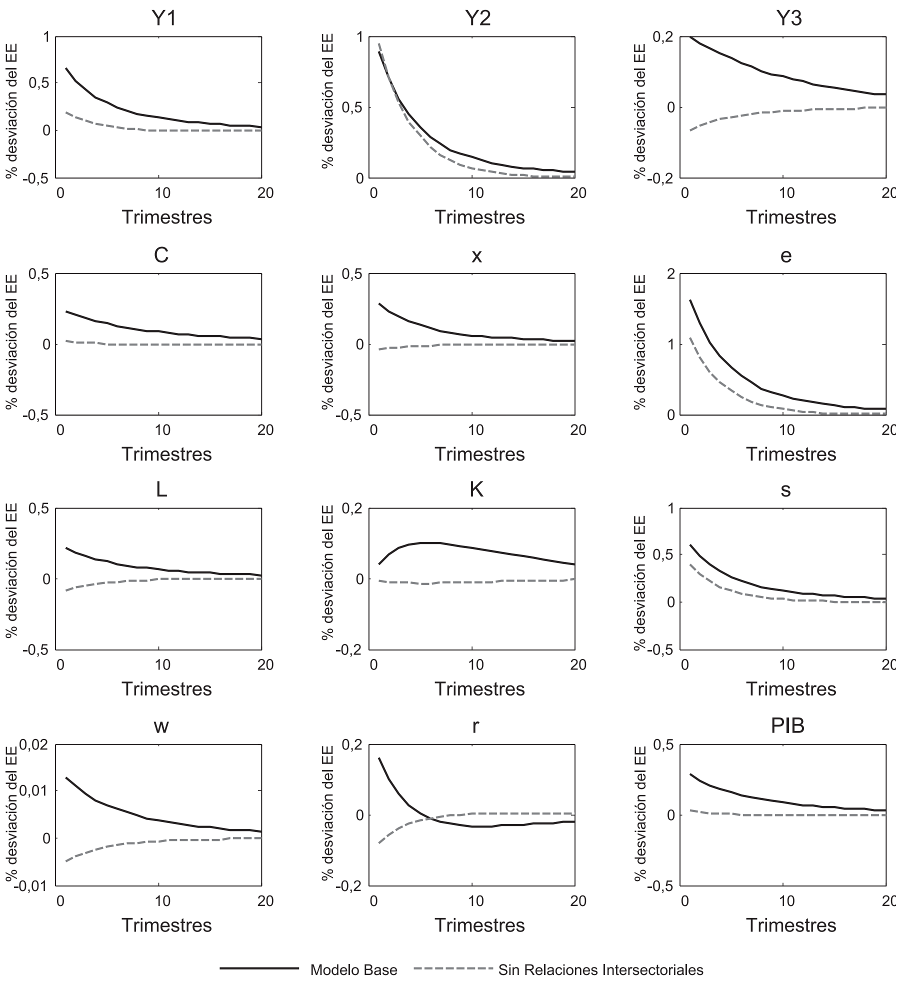


Gráfico 4 / *Shock* persistente $(\rho = 0{,}75)$ sobre el sector 3 (Z3)

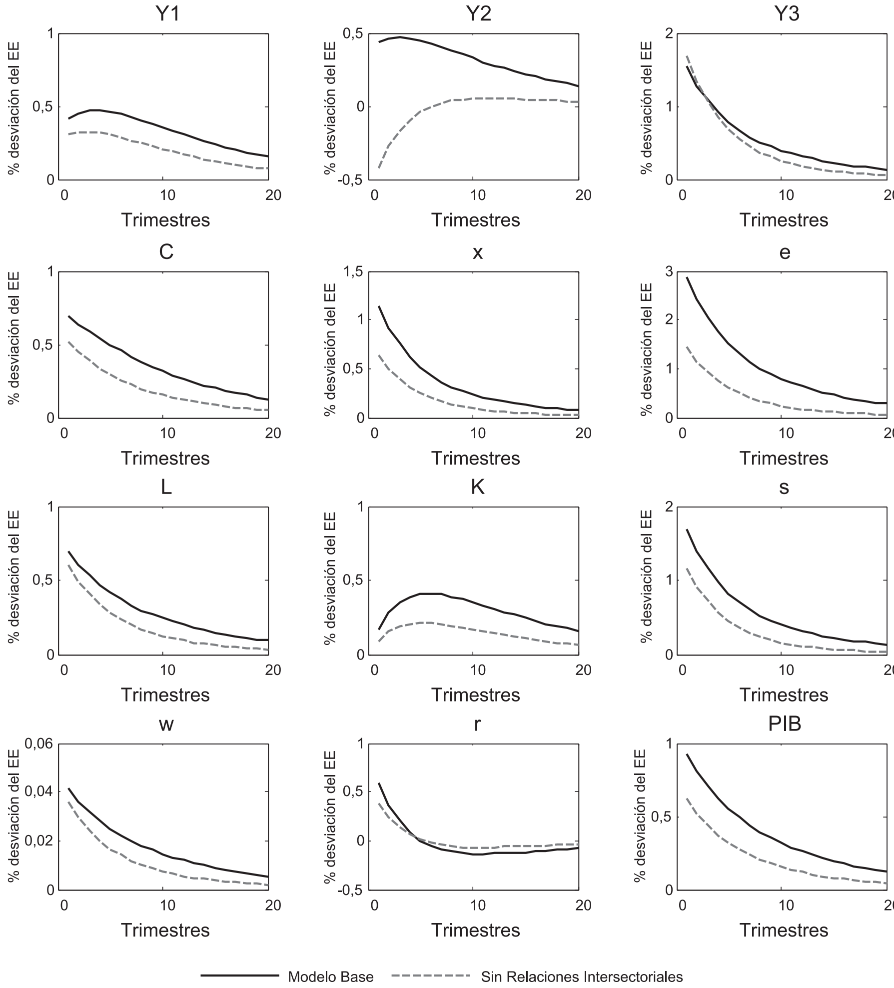


Gráfico 5 / *Shock* persistente $(\rho = 0{,}75)$ sobre el sector petrolero (Pp)

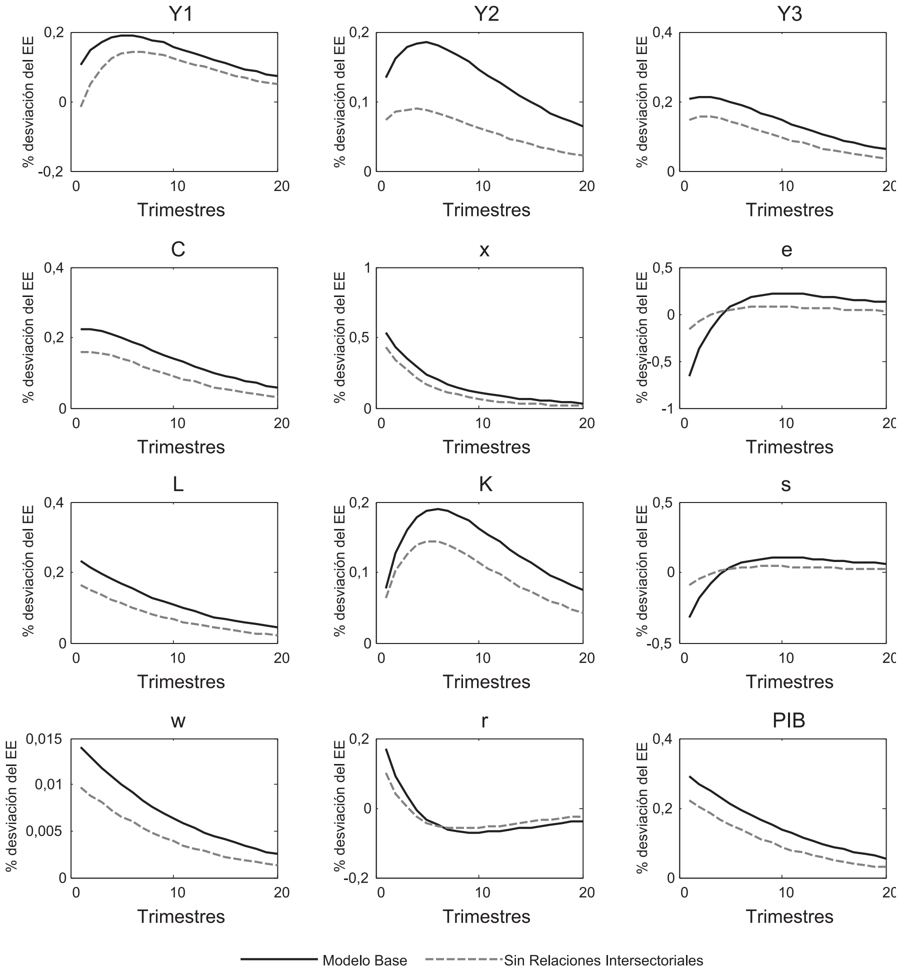


Gráfico 6 / *Shock* persistente $(\rho = 0{,}75)$ sobre el agregado (Z)

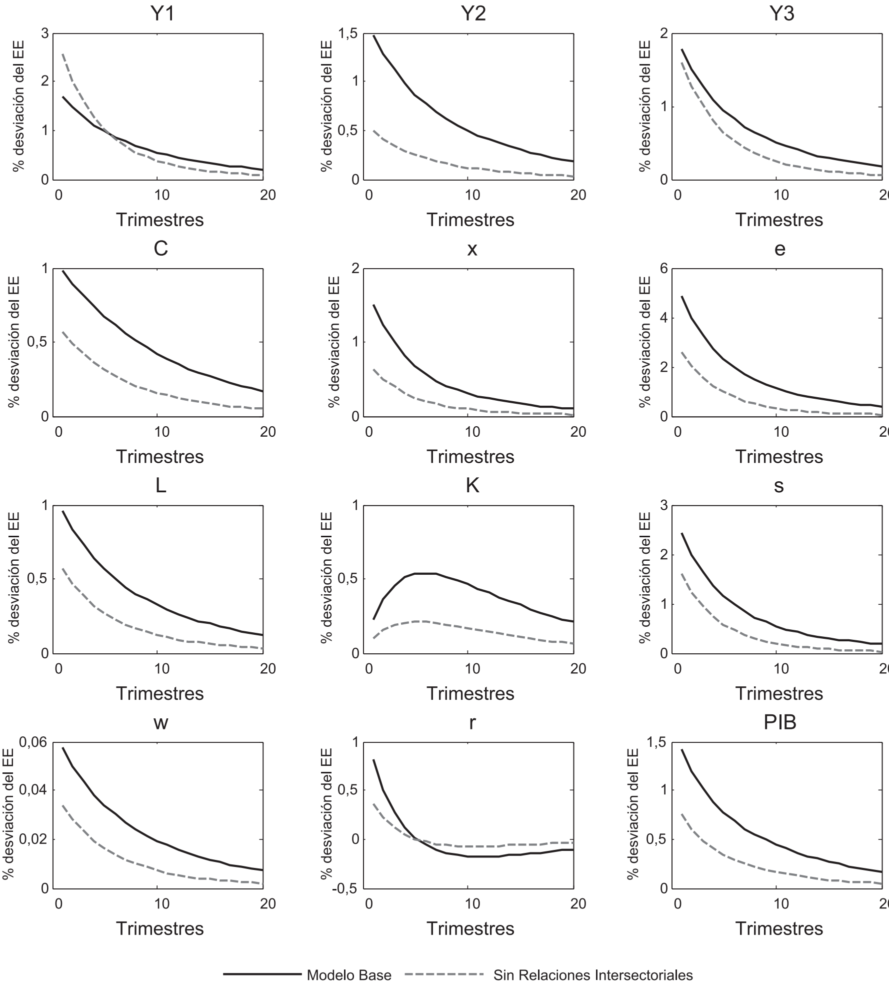


Gráfico 7 / *Shock* persistente $(\rho = 0{,}75)$ sobre el sector 1 (Z1)

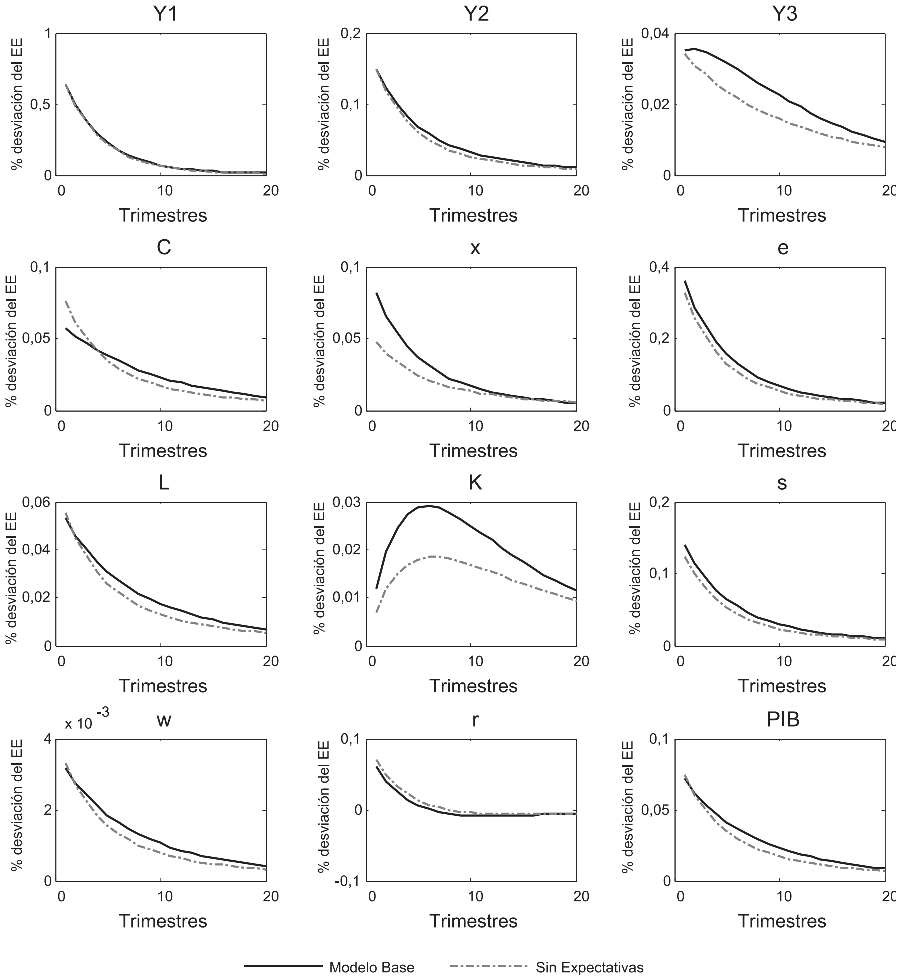


Gráfico 8 / *Shock* persistente $(\rho = 0{,}75)$ sobre el sector 2 (Z2)

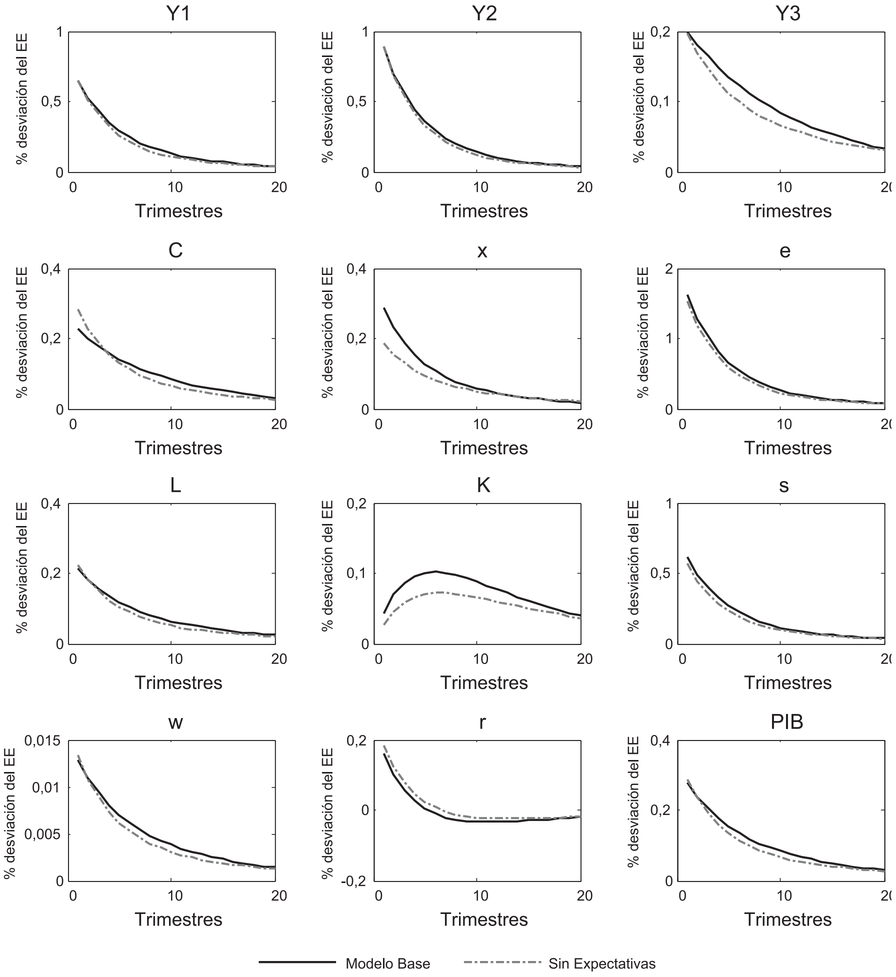


Gráfico 9 / *Shock* persistente $(\rho = 0{,}75)$ sobre el sector 3 (Z3)

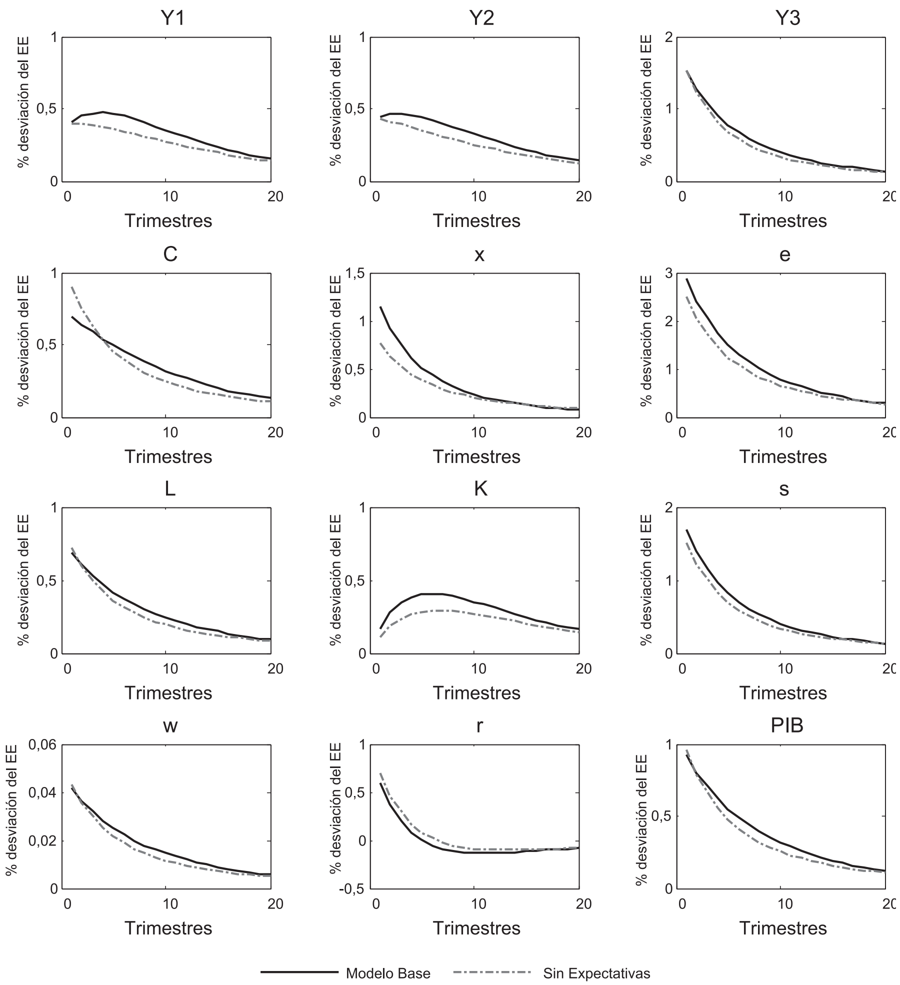


Gráfico 10 / *Shock* persistente ($\rho = 0{,}75$) sobre el sector petrolero (Pp)

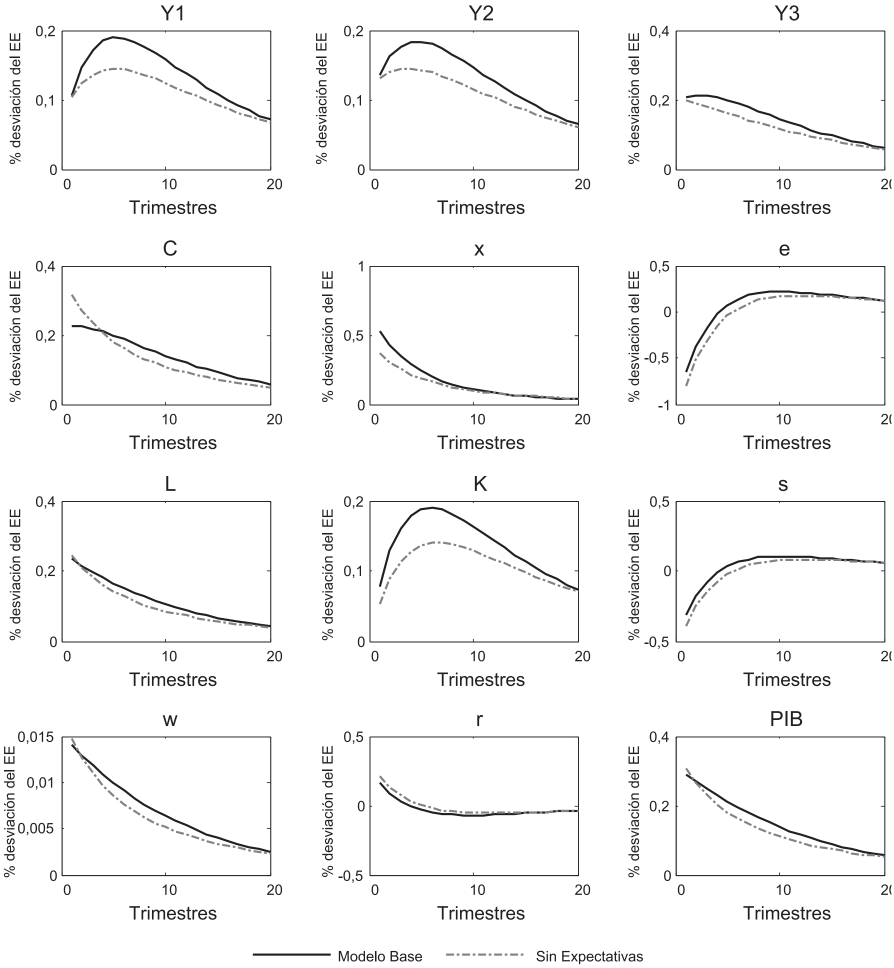


Gráfico 11 / *Shock* petrolero con diferentes niveles de persistencia