

## SIMULACIÓN DE UN MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL COMPUTABLE PARA VENEZUELA\*

*Luis Enrique Pedauga, Francisco Sáez  
y Agustín Velázquez\*\**

### RESUMEN

Este artículo presenta los resultados de la simulación de un modelo de equilibrio general computable construido para Venezuela. El uso de este modelo se ejemplifica mediante la calibración y simulación de una economía abierta con tres agentes institucionales (hogares, empresas y gobierno) y tres sectores productivos (petróleo, manufactura y resto), para una economía abierta. Se considera diferentes reglas de política. En cada caso se muestra el proceso de calibración y los resultados de las simulaciones utilizando información proveniente de la serie de matrices de contabilidad social para Venezuela entre 1997 y 2005. Se aporta simulaciones de la economía hasta 2009, tanto en los parámetros pertinentes y como algunos ejercicios de sensibilidad.

### ABSTRACT

This paper presents the results of a Computable General Equilibrium model simulation built to Venezuela. The model is exemplified by the calibration and simula-

\* *Palabras clave:* equilibrio general computable, matriz de contabilidad social, elasticidad de Armington. *Clasificación JEL:* E32, E37. Artículo recibido el 4 de agosto de 2010 y aceptado al 21 de julio de 2011. Las opiniones y análisis son responsabilidad de los autores y no forzosamente coinciden con las del Banco Central de Venezuela.

\*\* L. E. Pedauga, departamento de Teoría e Historia Económica, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Granada, Campus Universitario de Cartuja, España (correo electrónico: pedauga@ugr.es). F. Sáez y A. Velázquez, Banco Central de Venezuela, Oficina de Investigaciones Económicas.

tion of an open economy with three institutional actors (households, firms and government) and three productive sectors (oil, manufacturing, and others), for an open economy. Different policy rules are considered. In each case it is shown the calibration process and the results of some simulations using data from a Social Accounting Matrix for Venezuela between 1997 and 2005. It is presented the estimation of relevant until 2009 in the parameters and some sensitivity analysis.

## INTRODUCCIÓN

Los modelos de equilibrio general computables (MEGC) son un poderoso instrumento para el análisis de política. Debido a su flexibilidad a la hora de representar los problemas económicos han sido ampliamente utilizados para el análisis de las políticas comerciales, salariales, industriales, medioambientales, el cambio estructural, la finanzas públicas, el comercio internacional, entre otras.<sup>1</sup> Como señala Romero (2009) el uso de los MEGC surge de la necesidad de contar con modelos complejos con objetivos de política económica cuando la realidad económica no puede ser estudiada econométricamente, o cuando no se dispone de estimaciones en los parámetros que permitan explicar nuestro entorno económico.

Por esta razón son múltiples las ventajas de los modelos de equilibrio general. En primer lugar permiten captar las rigideces estructurales de la economía, las restricciones institucionales y los mecanismos de fijación de precios. En segundo lugar, los modelos multirregionales y multisectoriales de gran escala también permiten recoger aspectos relacionados con la competencia imperfecta y la diferenciación de productos por variedad y calidad de los mismos (véase por ejemplo Hedi Bchir *et al*, 2002). Finalmente, mediante este enfoque, es posible analizar las correspondencias (*trade-offs*) entre diferentes paquetes de políticas públicas, lo que ha popularizado su uso para el análisis de aspectos relacionados con el bienestar y problemas costo-beneficio (Devarajan y Robinson, 2005). Todas estas propiedades hacen de los MEGC instrumentos de amplia aceptación útiles para la planeación y elaboración de políticas sectoriales o industriales. De hecho, en ocasiones, se considera que este enfoque resulta prácticamente insustituible para el análisis de problemas económicos muy particulares, como por ejemplo, los relacionados con los efectos que en la actividad económica pueden producir los

<sup>1</sup> Véase una revisión de estas aplicaciones en Botman *et al* (2007), Devarajan y Robinson (2005), así como en Shoven y Whalley (1984).

cambios en las políticas arancelarias de los socios comerciales. Es así como las versiones estáticas de estos modelos fueron los instrumentos de análisis que seleccionaron los investigadores para el estudio del efecto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) (Kehoe y Kehoe, 1994).

Es importante destacar que el análisis de políticas comerciales mediante este enfoque se ha incrementado notoriamente (véase Hedi Behir *et al*, 2000) gracias a la ampliación de la base de datos GTAP (*Global Trade Analysis Project*) que proporciona información pormenorizada de aranceles, prohibiciones, cuotas y otras políticas comerciales de más de 130 países.

Debido a su complejidad estos modelos requieren el uso de instrumentos computacionales como el GAMS (*General Algebraic Modeling System*). Este lenguaje está especialmente elaborado para trabajar de manera estructurada con complejos problemas de optimación y programación matemática. Por lo demás, el GAMS cuenta con una librería de *solvers* de alto desempeño capaces de obtener las soluciones numéricas a modelos de gran escala. Esta es una gran ventaja debido a que las funciones no lineales permiten incorporar supuestos más realistas para la especificación de las relaciones técnicas de producción (tales como el uso de funciones ESC), las preferencias de los individuos (por medio de distintas especificaciones para la función de utilidad) o las reglas de política. Esto, por ejemplo, permite tratar endógenamente tanto precios como cantidades dentro del sistema, pero sobre todo permite recoger de manera más realista el comportamiento de la economía y extiende el uso de los modelos para el análisis de problemas de bienestar.

El objetivo principal del artículo es presentar de manera pormenorizada, los pasos requeridos para la modelización, calibración, cálculo computacional de un MEGC para la economía venezolana (VenMod), el cual ha sido simulado mediante el uso del GAMS. En particular, se espera que los valores numéricos de las simulaciones que aquí se presentan, puedan servir de referencia para futuras aplicaciones de esta metodología al caso de la economía venezolana. La principal aportación de esta investigación es que de manera novedosa presenta las estimaciones de las elasticidades de Armington tanto para el sector de bienes importados como para el de bienes exportados (tanto para el corto como para el largo plazo). El documento se organiza como sigue. En la primera sección se establece el marco conceptual que caracteriza el modelo de equilibrio general computable desarrollado. Seguidamente, se ilustra el modelo de equilibrio para una economía abierta con dos sectores institucionales y tres bienes. Se deriva las reglas de decisión para los hogares

y las empresas, las ecuaciones que determinan la oferta y demanda de cada tipo de bien y las expresiones matemáticas que recogen la determinación los precios. El modelo es calibrado para la economía venezolana utilizando información proveniente de una serie de SAM estimada para Venezuela entre 1997 y 2005. De particular interés resulta la comparación de las proyecciones de los modelos con las series observadas a fin de verificar la potencialidad predictiva *ex post*. Finalmente, se presenta las reflexiones finales y sus posibles extensiones.

### I. CARACTERIZANDO EL EQUILIBRIO GENERAL COMPUTABLE

Es posible clasificar los modelos de equilibrio general computables en dos grandes grupos. En primer lugar, los modelos dinámicos estocásticos (MEGDE), cuyas bases se sientan ya en los modelos dinámicos de crecimiento al estilo Ramsey-Cass-Koopmans, pero que recibieron un impulso decisivo a partir de las contribuciones seminales de Kydland y Prescott (1982) y la bibliografía del *real bussines cycle*. Con estos modelos, y a partir de ejercicios de calibración y/o estimación, suelen encontrarse soluciones numéricas a la dinámica hacia el estado estacionario. Esto es, el comportamiento de las variables endógenas de la senda estable en un modelo de expectativas racionales. Aunque la búsqueda de estas soluciones es un problema complejo, existe una extensa bibliografía de los algoritmos computacionales que permiten encontrar la trayectoria óptima (véase, por ejemplo, Marimon y Scott, 1999).

En segundo lugar, y más asociados con la bibliografía del insumo-producto, se encuentran los modelos de equilibrio general computable (MEGC), en los que se destacan los aspectos estructurales de la economía. Aunque, por lo general, estos modelos tienen un carácter estático y no suelen incorporar el efecto de las expectativas, estos modelos permiten representaciones más pormenorizadas de la economía en términos de sus relaciones intersectoriales. De hecho, estos modelos de gran escala incorporan fácilmente más de 30 sectores, en los que se hacen explícitos los efectos sustitución, tanto en la producción como en la demanda, y en los que se analizan reglas de política con efectos de realimentación (*feedback*) (Shoven y Whalley, 1984). Ciertamente, estos dos enfoques en la modelización del equilibrio general están muy relacionados, al punto de que en ocasiones podría resultar difícil establecer la frontera que los separa. Sin embargo, esta clasificación permite

destacar las características particulares de los modelos, las cuales, además, condicionan la técnica de solución que resulta más adecuada.

Mediante los MEGC es posible representar los flujos de bienes y servicios de la economía como un sistema de ecuaciones que resume las interrelaciones entre reglas de decisión de los agentes y los equilibrios de mercado. En este sentido, estos modelos siguen la tradición walrasiana que fue luego extendida y profundizada por economistas como Kennet Arrow, Gerald Debreu y Lionel McKenzie, entre otros. Estos autores proporcionaron nuevos algoritmos para la búsqueda de soluciones y rigurosas demostraciones de las propiedades que caracterizan la unicidad y estabilidad del equilibrio. Al mismo tiempo, estos desarrollos permitieron microfundamentar las ecuaciones de comportamiento de cada uno de los agentes que participan en el intercambio e incorporar en el análisis elementos dinámicos de manera congruente. Desde el punto de vista aplicado, los primeros modelos de equilibrio general completos, de enfoque netamente macroeconómico, se remontan a los trabajos empíricos de Frisch (1931) y Tinbergen (1939). Los modelos empíricos y simulaciones numéricas recibieron un gran impulso de los trabajos aplicados de Johansen (1960), Harberger (1962) y Scarf (1967).

La palabra “equilibrio” viene unida a la lógica de los modelos walrasianos, en los que los mercados se agotan y los agentes reaccionan únicamente a cambios en los precios. Este es básicamente el marco del equilibrio competitivo con el que los economistas solían trabajar hasta la aparición de la teoría del equilibrio general en 1936. En esta obra, Keynes consideró la existencia de salarios rígidos en el análisis e introdujo el problema de la insuficiencia en la demanda efectiva, todo lo cual podría justificar la existencia de desequilibrios persistentes y, en particular, la existencia de desempleo involuntario. Con este nuevo enfoque era entonces posible que las transacciones ocurrieran a precios en los cuales los mercados no se agoten. Es decir, que a los precios vigentes, o bien los compradores están constreñidos, o bien las empresas son incapaces de colocar toda su producción en el mercado. Aunque estos elementos se encuentran lejos de la tradición neoclásica de la que parte el análisis del equilibrio, pueden ser incorporados en los modelos por medio de una redefinición de las ecuaciones de comportamiento y mediante el uso de variables artificiales que representen los excesos de oferta y/o demanda. En este nuevo paradigma se plantea entonces la posibilidad de un equilibrio no walrasiano, que podría estar caracterizado por el racionamiento en algún mercado, o bien, por la acumulación no deseada de existencias (Bennasy, 1982).

La palabra “general” sugiere que estos modelos poseen una estructura que permite considerar las interrelaciones entre los diferentes mercados (de bienes, laboral, de capital, entre otros). Al ser una representación completa del sistema económico resulta congruente desde el punto de vista contable. Esto permite utilizar una SAM (*Social Accounting Matrix*) para caracterizar los valores del “equilibrio inicial”. El procedimiento estándar supone que los datos observados en dicha matriz se corresponden con el punto de partida para el análisis estático comparativo y por tanto proporcionan la información necesaria para el proceso de calibración.

La palabra “computable” alude a la posibilidad de obtener valores numéricos mediante procedimientos algebraicos. Esta característica aparece tempranamente en la bibliografía a partir de los modelos de equilibrio e intercambio intersectorial que se establecieron en los años sesenta y setenta.<sup>2</sup> Como reflejo de esta situación el enfoque se centró en el análisis de la estructura económica. De hecho, resulta usual que el MEGC recoja los efectos multiplicadores que se producen en las relaciones interindustriales. Esta característica resulta análoga a la del multiplicador de Leontief que cuantifica los requerimientos directos e indirectos de producción asociados a un determinado impulso de demanda. No obstante, a diferencia de los modelos insumo-producto, los MEGC permite las relaciones no lineales, lo cual impide obtener soluciones mediante el uso del álgebra matricial. Más bien el tipo de problema exige que la solución al sistema no lineal tenga que ser encontrada utilizando métodos numéricos y de programación.

## II. EQUILIBRIO GENERAL COMPUTABLE PARA VENEZUELA (VENMOD)

En primer lugar este modelo considera que todos los consumidores son idénticos y que en esta economía sólo se consumen tres bienes: petróleo, manufacturas y servicios. Además, el consumidor resuelve un problema de maximización de su utilidad, en el que supone que la forma funcional de la utilidad es regular (curvas de indiferencias monótonas y convexas) del tipo Cobb-Douglas. La función de producción es según Leontief en los insumos intermedios y Cobb-Douglas en trabajo y capital. Asimismo, se supone que la economía tiene una balanza comercial que permite el desequilibrio, es

<sup>2</sup> Muchos de estos modelos son representaciones refinadas de los modelos de equilibrio general de dos sectores que introdujeron en los decenios de los cincuenta y sesenta autores como James Made y Harry Johnson.

decir, que el tipo de cambio es flexible. Por último, para el sector externo se adopta el supuesto de Armington (1969) al introducir la idea del país cuasi pequeño que adopta una elasticidad de sustitución constante ESC (*Constant Elasticity Substitution*).

### 1. Especificación del sector de los hogares

El modelo considera la siguiente función de utilidad:<sup>3</sup>

$$u(C_i) = \prod_{i=1}^n C_i^{\theta_i} \quad (1)$$

en la que los elementos  $\theta_i$  toman valores positivos que describen las preferencias del consumidor representativo. La ventaja de suponer la utilidad mediante esta forma funcional es que podemos tomar su logaritmo natural, por lo que el producto de sus términos quedaría convertido en suma simple de cada elemento de consumo:

$$u^*(C_i) = \sum_{i=1}^n \theta_i \log(C_i) \quad (2)$$

Por otra parte, el consumo de los bienes  $C_i$  está sujeto a la siguiente restricción presupuestaria:

$$\sum_{i=1}^n P_i \cdot C_i \leq (1 - ty_i)(PL \cdot LS + PK \cdot KS + TRF) - SH \quad (3)$$

En este caso, el lado izquierdo representa las cantidades gastadas en bienes de consumo, las cuales pueden ser iguales o menores al total de sus ingresos, en que los ingresos totales corresponden a la fracción neta después de impuestos ( $ty_i$  imposición directa sobre la renta) del pago a los factores trabajo ( $LS$ ) y capital ( $KS$ ), más un pago adicional por transferencias ( $TRF$ ) menos lo destinado al ahorro ( $SH$ ). Adviértase que  $PL$  y  $PK$  corresponden a la tasa salarial y a la tasa de rendimiento del capital, respectivamente. En este sentido, la elección óptima del consumidor puede plantearse como un problema de maximización de la utilidad sujeto a restricciones presupuestarias, es decir:

<sup>3</sup> Con base en la notación generalmente utilizada, las letras mayúsculas hacen referencia a las variables del modelo y las minúsculas a los parámetros y elasticidades, estos últimos representados con letras griegas.

$$\max: u(C_i) \quad (4)$$

tal que

$$\sum_{i=1}^n P_i \cdot C_i \leq (1 - ty_i)(PL \cdot LS + PK \cdot KS + TRF) - SH \quad (5)$$

Este problema requiere hallar los valores  $C_i$  que cumplan dos condiciones: *i*) los niveles de consumo que satisfagan la restricción presupuestaria, y *ii*) que den el valor más alto a  $u(C_i)$  de todos los valores de  $C_i$  que satisfacen la primera condición. Si utilizamos el método de la condición de primer orden para resolver este problema de maximización, este problema quedaría resuelto de la siguiente manera:

$$C_i = \theta_i [(1 - ty_i)(PL \cdot LS + PK \cdot KS + TRF) - SH] / P_i \quad (6)$$

Como podemos establecer que estamos en equilibrio, decimos que los precios  $P_i$  son iguales a la unidad, ya que los consideramos como índices de precios en el año base. Por tanto, para la calibración del modelo podríamos expresar lo anterior como:

$$C_i = \theta_i [(1 - ty_i)(PL \cdot LS + PK \cdot KS + TRF) - SH] \quad (7)$$

Por tanto, para calibrar los parámetros  $\theta_i$  sólo debemos despejar de la expresión anterior y tomar los valores del consumo y del ingreso disponibles en la matriz de contabilidad social.

## 2. Especificación del sector de las empresas

El supuesto de las empresas nacionales es que cada bien producido tiene una función de producción que combina insumos intermedios en proporciones fijas, así como trabajo y capital con posibilidades de sustitución que obedecen a una función de producción de Cobb-Douglas. La forma general de la función de producción total viene dada como:

$$P_i = \min: \left( \frac{CI_{i,j}}{a_{i,j}}, \beta_j \cdot K_j^{\alpha_j} \cdot L_j^{1-\alpha_j} \right) \quad (8)$$

en las que  $CI_{i,j}$  son los insumos intermedios del bien  $i$  utilizado para pro-



ducir el bien  $j$ ,  $a_{i,j}$  representa la cantidad del bien  $i$  necesaria para producir una unidad del bien  $j$ .

Los parámetros  $a_{i,j}$  son calibrados definiendo los multiplicadores del valor agregado, según la sugerencia de Ghosh (1958), en el que se establecen los siguientes coeficientes de rentas:

$$a_{i,j} = CI_{i,j} / PB_j \quad (9)$$

Por su parte los parámetros  $\beta_j$  y  $\alpha_j$  de la función de producción Cobb-Douglas son calibrados suponiendo que al momento de elegir la combinación óptima entre los factores trabajo y capital se están minimizando los costos de producción. Esta afirmación es válida, ya que al suponer que la economía se encuentra en equilibrio, también es cierto que la proporción de los productos marginales es igual a la proporción del precio de los factores, es decir:

$$\frac{(1-\alpha_j) \cdot K_j}{\alpha_j \cdot L_j} = \frac{PL}{PK} \quad (10)$$

Además, como se ha elegido que los precios se encuentran en la base, sabemos que  $PL = PK = 1$ , por tanto, de la expresión anterior podemos concluir que la fracción del producto producida por el capital ( $\alpha_j$ ) del sector  $j$  puede ser calibrada como:

$$\alpha_j = \frac{K_j}{K_j + L_j} \quad (11)$$

Por tanto, fijando este valor  $\alpha_j$  en la función de producción, junto con los valores observados en el equilibrio para el trabajo, capital y producto, tenemos que:

$$\beta_j = \frac{PB_j}{K_j^{\alpha_j} \cdot L_j^{1-\alpha_j}} \quad (12)$$

La decisión de las empresas de cuánto trabajo y capital demandar, parte de suponer que las mismas se encuentran en un mercado competitivo, por lo que no tienen en cuenta su influencia en el precio del mercado. Por tanto, el problema de maximización de las empresas nacionales es:

$$\max: [(PB_j \cdot PD_j) - (PL \cdot L + PK \cdot K)] \quad (13)$$

En este sentido, la elección óptima de producción puede plantearse como un problema de maximización de la ganancia, es decir, la diferencia entre sus ingresos y sus costos. Conociendo que la función de producción es del tipo Cobb–Douglas:

$$PB_j = \beta_j \cdot K_j^{\alpha_j} \cdot L_j^{1-\alpha_j} \quad (14)$$

Si utilizamos el método de la condición de primer orden para resolver este problema de maximización, éste se resuelve estableciendo que el ingreso marginal debe ser igual al costo marginal. Es decir el ingreso marginal con respecto al capital y al trabajo sería respectivamente:

$$\frac{d(PB_j \cdot PD_j)}{dK} = \frac{\alpha_j \cdot \beta_j \cdot K_j^{\alpha_j} \cdot L_j^{1-\alpha_j} \cdot PD_j}{K_j} = \frac{\alpha_j \cdot PB_j \cdot PD_j}{K_j} \quad (15)$$

$$\frac{d(PB_j \cdot PD_j)}{dL} = \frac{(1-\alpha_j) \cdot \beta_j \cdot K_j^{\alpha_j} \cdot L_j^{1-\alpha_j} \cdot PD_j}{L_j} = \frac{(1-\alpha_j) \cdot PB_j \cdot PD_j}{L_j} \quad (16)$$

Del mismo modo, los costos marginales con respecto al capital y al trabajo serían:

$$\frac{d(PL_j \cdot L_j + PK_j \cdot K_j)}{dK_j} = PK_j \quad (17)$$

$$\frac{d(PL_j \cdot L_j + PK_j \cdot K_j)}{dL_j} = PL_j \quad (18)$$

Por tanto estableciendo la siguiente relación entre costos marginales tenemos:

$$\frac{PK_j}{PL_j} = \frac{\frac{\alpha_j PB_j \cdot PD_j}{K_j}}{\frac{(1-\alpha_j) \cdot PB_j \cdot PD_j}{L_j}} = \frac{\frac{\alpha_j}{K_j}}{\frac{(1-\alpha_j)}{L_j}} \quad (19)$$

por tanto,

$$\frac{K_j}{L_j} = \frac{\alpha_j \cdot PL_j}{(1 - \alpha_j) \cdot PK_j} \quad (20)$$

Sustituyendo  $K_j$  en la función de producción tenemos que:

$$PB_j = \beta_j \cdot \left[ \frac{\alpha_j \cdot PL_j}{(1 - \alpha_j) \cdot PK_j} \right]^{\alpha_j} \cdot L_j \quad (21)$$

De modo que podemos obtener la demanda de trabajo como:

$$L_j = \frac{PB_j}{\beta_j} \cdot \left[ \frac{(1 - \alpha_j) \cdot PL_j}{\alpha_j PL_j} \right]^{\alpha_j} \quad (22)$$

Análogamente, si sustituimos por su parte  $L_j$  en la función de producción tenemos que la demanda de trabajo viene dada por:

$$L_j = \frac{PB_j}{\beta_j} \cdot \left[ \frac{\alpha_j \cdot PL_j}{(1 - \alpha_j) \cdot PL_j} \right]^{(1 - \alpha_j)} \quad (23)$$

Conociendo ahora los valores demandados por las empresas tanto de trabajo ( $L_j$ ) y capital ( $K_j$ ), sabemos que en equilibrio los ingresos totales de las empresas son iguales a sus costos totales, es decir:

$$PB_j \cdot PD_j = PL_j \cdot L_j + PK_j \cdot K_j \quad (24)$$

Despejando los precios internos y sustituyendo el resultado de (22) y (23) tenemos:

$$PD_j = \left( \frac{PK_j}{\alpha_j} \right)^{\alpha_j} \cdot \left( \frac{PL_j}{1 - \alpha_j} \right)^{1 - \alpha_j} \cdot \frac{1}{\beta_j} \quad (25)$$

Si además le sumamos los costos por consumos intermedios, tendríamos entonces:

$$PD_j = \left( \frac{PK_j}{\alpha_j} \right)^{\alpha_j} \cdot \left( \frac{PL_j}{1 - \alpha_j} \right)^{1 - \alpha_j} \cdot \frac{1}{\beta_j} + P_j \cdot a_{i,j} \quad (26)$$

### 3. Especificación del sector gobierno

Similar al sector de los hogares, la elección óptima del consumo del gobierno puede plantearse como un problema de maximización de utilidad sujeto a restricciones presupuestarias, es decir:

$$\max: u(CG_i) = \prod_{i=1}^n CG_i^{\theta_{gi}} \quad (27)$$

tal que

$$\sum_{i=1}^n P_i \cdot CG_i \leq (TAXR - TRF - SG) \quad (28)$$

en el que  $TAXR$  son los ingresos tributarios del gobierno,  $TRF$  las transferencias hacia los hogares y  $SG$  el ahorro del gobierno. En tal sentido, tenemos que los ingresos tributarios del gobierno son la acumulación de los ingresos por concepto de aranceles a las importaciones ( $tm$ ), por impuestos a los productos ( $tp$ ) y por impuesto sobre el ingreso de los hogares ( $ty$ ), tal como:

$$TAXR = \sum_{i=1}^n tm_j \cdot PWM_j \cdot ER \cdot M_j + tp_j \cdot PD_j \cdot PB_j + ty \cdot (YH + TRF) \quad (29)$$

Asimismo, establecemos que las transferencias del gobierno hacia los hogares están en función de los ingresos provenientes de la renta petrolera de la economía tal que:

$$TRF = tf \cdot \sum_{i=1}^n PWE_j \cdot E_j \quad (30)$$

### 4. Elasticidad de sustitución de Armington para el sector externo

La característica clave en el supuesto de Armington (1969) al introducir el supuesto del país cuasi pequeño es la adopción de una elasticidad de sustitución constante (ESC), para que los agentes representativos puedan resolver el problema de maximización del consumo entre bienes de producción interna ( $PBD$ ) y bienes importados ( $M$ ). En este sentido, este problema suele ser especificado como:

$$\text{Max: } OB_j = aA_j \left[ \gamma A_j \cdot M_j^{-\rho A_j} + (1 - \gamma A_j) PBD_j^{-\rho A_j} \right]^{-1/\rho A_j} \quad (31)$$

Sujeto a

$$P_j \cdot OB_j = PDD_j \cdot PBD_j + PM_j \cdot M_j \quad (32)$$

en los que  $OB$  es la demanda total interna, el precio de los bienes totales demandados viene dado por  $P$ , los precios de los bienes producidos internamente  $PD$ , los precios de los bienes importados  $PM$ , con un parámetro de escala  $\alpha A$ , y en el que la elasticidad de sustitución puede ser escrita como:  $\sigma A = 1/(1 + \rho A)$ .

Valiéndonos de la condición de primer orden para resolver este problema de maximización de la utilidad, podemos establecer que la demanda de bienes importados y bienes internos, quedaría expresado como:

$$M_j = \gamma A_j^{\sigma A_j} \cdot PM_j^{-\sigma A_j} \cdot \left[ \gamma A_j^{\sigma A_j} \cdot PM_j^{1-\sigma A_j} + (1-\gamma A_j)^{\sigma A_j} \cdot PDD_j^{1-\sigma A_j} \right]^{\frac{\sigma A_j}{(1-\sigma A_j)}} \cdot \left( \frac{OB_j}{\alpha A_j} \right) \quad (33)$$

$$PBD_j = (1-\gamma A_j)^{\sigma A_j} \cdot PDD_j^{-\sigma A_j} \cdot \left[ \gamma A_j^{\sigma A_j} \cdot PM_j^{1-\sigma A_j} + (1-\gamma A_j)^{\sigma A_j} \cdot PDD_j^{1-\sigma A_j} \right]^{\frac{\sigma A_j}{(1-\sigma A_j)}} \cdot \left( \frac{OB_j}{\alpha A_j} \right) \quad (34)$$

Por su parte, para el caso de las empresas representativas, el problema de maximización de las ganancias busca resolver qué proporción de la producción bruta total ( $PB$ ) será ofrecida al mercado interno y cuál será ofrecida al externo. Para esto, suponemos también una función de elasticidad de transformación constante (ETC) y por tanto este problema puede ser especificado como:

$$\max: P_j \cdot PB_j = PDD_j \cdot PBD_j + PE_j \cdot E_j \quad (35)$$

Sujeto a

$$PB_j = \alpha T_j \left[ \gamma T_j \cdot E_j^{-\rho T_j} + (1-\gamma T_j) PBD_j^{-\rho T_j} \right]^{-1/\rho T_j} \quad (36)$$

en los que  $E$  es la cantidad de bienes exportados,  $PE$  los precios de estos bie-

nes,  $aT$  representa un parámetro de escala y la elasticidad de transformación puede ser descrita como:  $\sigma T = 1/(1 + \rho T)$ .

Si establecemos la condición de primer orden para resolver este problema de maximización de las ganancias, este problema quedaría resuelto como:

$$E_j = \gamma T_j^{\sigma T_j} \cdot PB_j^{-\sigma T_j} \cdot \left[ \gamma T_j^{\sigma T_j} \cdot PE_j^{1-\sigma T_j} + (1 - \gamma T_j)^{\sigma T_j} \cdot PDD_j^{1-\sigma T_j} \right]^{\frac{\sigma T_j}{(1-\sigma T_j)}} \cdot \left( \frac{PB_j}{aT_j} \right) \quad (37)$$

$$PBD_j = (1 - \gamma T_j)^{\sigma T_j} \cdot PDD_j^{-\sigma T_j} \cdot \left[ \gamma T_j^{\sigma T_j} \cdot PE_j^{1-\sigma T_j} + (1 - \gamma T_j)^{\sigma T_j} \cdot PDD_j^{1-\sigma T_j} \right]^{\frac{\sigma T_j}{(1-\sigma T_j)}} \cdot \left( \frac{PB_j}{aT_j} \right) \quad (38)$$

### III. CALIBRACIÓN DE LOS PARÁMETROS Y ELASTICIDADES

La calibración para las  $n$  ecuaciones del modelo de equilibrio general requiere los valores iniciales de las variables, los parámetros y las elasticidades especificadas en el modelo. Para esto, se siguieron dos distintas estrategias: una basada en los valores observados en las matrices de contabilidad social, y otra sustentada en estimaciones econométricas.

#### 1. Calibración basada en la SAM

Aunque es común encontrar que muchos modelos son calibrados a partir de información microeconométrica, es mediante la información contenida en la SAM que los modelos de equilibrio general computable son calibrados. La razón de esto es que la información contenida en estas matrices proporcionan un marco contable que asegura la congruencia de esta clase de modelos, lo cual a su vez permite suponer que el conjunto de valores corresponden a los promedios representativos del equilibrio en el año estudiado.

En este sentido, se pueden estimar los parámetros relativos a la participación de las exportaciones o las importaciones en el producto, la participación de los factores productivos en el ingreso, las tasas impositivas y en

general a la estructura de gastos del sector público y privado. Sin embargo, es importante señalar que el valor estimado de los parámetros puede resultar sensible a las formas funcionales adoptadas para la representación de la tecnología o de las preferencias.

La calibración basada en la SAM utiliza las distintas matrices estimadas para Venezuela entre 1997 y 2005, presentando la información desagregada por sectores económicos con un arreglo matricial de filas y columnas para los distintos años utilizados (véase los cuadros anexos). El procedimiento utilizado corresponde a la práctica estándar de esta clase de modelos, es decir, los precios endógenos son considerados iguales a 1 en el equilibrio inicial (año base) y los parámetros y elasticidades son determinados por medio de las matrices y formas funcionales especificadas en el modelo. En este sentido, a continuación se presenta el detalle de cada calibración.

Las tasas impositivas por concepto de aranceles a las importaciones ( $tm$ ), por impuestos a los productos ( $tp$ ) y por impuesto al ingreso de los hogares ( $ty$ ), se determinaron de la siguiente manera:

$$tm_j = TRM_j^0 / M_j^0 \cdot PWM_j^0 \cdot ER^0 \quad (39)$$

$$tp_j = TRP_j^0 + TRC_j^0 / PB_j^0 \quad (40)$$

$$ty = TRY^0 / YH^0 + TRF^0 \quad (41)$$

en las que el superíndice 0 junto a las variables hace referencia al valor inicial observado en el año base. Las preferencias del consumo representativo del gobierno fue determinado como:

$$\theta_i^g = P_i^0 \cdot CG_i^0 / TAXR^0 - TRF^0 - SG^0 \quad (42)$$

Las elasticidades que determinan las preferencias del consumidor representativo se determinaron mediante la estructura de consumo observada:

$$\theta_i = P_i^0 \cdot C_i^0 / CBUD^0 \quad (43)$$

Los parámetros de la inversión ( $mps$ ) corresponden a la fracción destinada al ahorro de los ingresos netos del pago de impuesto:

$$mps = SH^0/YH^0 + TRF^0 - TRY^0 \quad (44)$$

Dado que la forma funcional del proceso productivo de las empresas nacionales se suponen del tipo Cobb-Douglas, la fracción del producto producida por el capital ( $\alpha_j$ ) del sector  $j$  puede ser calibrada como:

$$\alpha_j = PK^0 \cdot K_j^0 / PK^0 \cdot K_j^0 + PL^0 \cdot L_j^0 \quad (45)$$

Por lo que, luego de estimar el valor  $\alpha_j$  de la función de producción, junto con los valores observados en el equilibrio para el trabajo, capital y producto, tenemos que:

$$\beta_j = PB_j^0 / [K_j^{0(\alpha_j \cdot L_j^0)^{1-\alpha_j}}] \quad (46)$$

$$A_{i,j} = CI_{i,j}^0 / PB_j^0 \quad (47)$$

Para definir la cantidad de ahorro necesaria para invertir una unidad del bien  $j$  tomamos de la SAM la fracción correspondiente a la formación bruta de capital del total del ahorro, es decir:

$$ainv_i = FBK_i^0 \cdot P_i^0 / S^0 \quad (48)$$

## 2. Calibración econométrica

La calibración de la elasticidad de sustitución de Armington para las importaciones se basa en la condición de primer orden que permitió resolver el problema de maximización de la utilidad. En este sentido, utilizando las expresiones (33) y (34) podemos establecer que la demanda relativa entre bienes importados y bienes nacionales, expresado en función de sus precios relativos, puede ser reexpresado como:

$$\frac{M_j}{PBD_j} = \left[ \frac{PDD_j}{PM_j} \cdot \frac{\gamma A_j}{(1-\gamma A_j)} \right]^{\sigma A_j} \quad (49)$$

Al linealizar esta ecuación, tenemos por tanto que:

$$y = a_0 + a_1 \cdot x \quad (50)$$

en la que  $y = \ln(M/PBD)$ ,  $a_0 = \sigma A_j \cdot \ln[\gamma A_j / (1-\gamma A_j)]$ , en el que  $a_1$  es la



elasticidad de sustitución entre bienes importados y nacionales ( $\sigma A_j$ ), y  $x$  representa  $\ln(PD/PM)$ .<sup>4</sup> De modo similar, utilizando (37) y (38) podemos establecer la elasticidad de transformación entre bienes nacionales y exportados, para el caso de las empresas representativas mediante la función de precios relativos, tal que:

$$\frac{PBD_j}{E_j} = \left[ \frac{PDD_j}{PB_j} \cdot \frac{\gamma T_j}{(1 - \gamma T_j)} \right]^{\alpha T_j} \quad (51)$$

La cual puede ser convenientemente reescrita como:

$$z = b_0 + b_1 w \quad (52)$$

en la que  $z = \ln(PBD/E)$ ,  $b_0 = \sigma T_j \ln(\gamma T_j / (1 - \gamma T_j))$ ,  $b_1$  es la elasticidad de transformación entre bienes exportados y nacionales ( $\sigma T_j$ ), y  $w$  representa  $\ln(PDD/PBD)$ .

Para la estimación de las ecuaciones (50) y (52) fueron requeridas seis series: el monto total de la producción bruta destinadas al mercado interno ( $PBD$ ), las importaciones ( $M$ ), las exportaciones ( $E$ ) y sus respectivos índices de precios. Para lograr esto, se consultaron las bases de datos preparadas por Brandi (1988) para el sector manufacturero en el periodo 1968-1984, y Antiveros (1992) y los Anuarios Estadísticos de Cuentas Nacionales del BCV para el periodo 1984-2004. Las series fueron construidas entre 1968 y 2004 a precios de 1997 y fueron armonizadas según el método de enlaces de series temporal por interpolación propuesto en Pedauga (2010).

Del mismo modo, para obtener la serie de producción bruta/demanda en el mercado interno ( $PBD_t$ ), se restó a la producción bruta total ( $PB_t$ ) el total exportados,  $PBD_t = PB_t - E_t$  en cada año. Mientras que los datos de importaciones ( $M$ ) y exportaciones ( $E$ ) corresponden a la información tomada de las bases de datos, previa corrección del empalme estadístico a precios de 1997. Por último, para obtener las series de precios ( $PD$ ,  $PDD$  y  $PE$ ) se tomaron para cada una de las series la relación entre los valores nominales y los valores reales para calcular así los índices de precios para cada rama de actividad industrial.

<sup>4</sup> Como lo señala Gallaway *et al* (2003) la loglinealización de esta ecuación es ampliamente utilizada en la bibliografía para estimar econométricamente las elasticidades de Armington; por ejemplo, Shiells *et al* (1986) y Ho *et al* (1998). Por su parte en el contexto latinoamericano encontramos los trabajos de González y Wong (2006) para Ecuador, Fontes *et al* (2007) para Brasil o Roland-Holst *et al* (1992) para México.

Como lo señala Gallaway *et al* (2003) un supuesto en los modelos de estática comparativa es que los precios y las cantidades se ajustan de manera instantánea ante los cambios exógenos. Sin embargo, en la realidad observamos que estos cambios toman algún tiempo en ser observados, debido quizás a las pautas de consumo, al intercambio en el uso de bienes intermedios y a la existencia de inventarios. Por tal motivo, la especificación econométrica para estimar las ecuaciones (50) y (52) deber ser determinadas luego de analizar las propiedades de las series temporales de las cantidades y precios, específicamente, luego de realizar las pruebas de raíces unitarias y, en el caso de ser necesarias, las pruebas de cointegración.

Para la primera, se recurrió a la prueba de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (1992), cuya hipótesis nula es que la serie es estacionaria, la cual designamos  $I(0)$ . Si esta hipótesis era rechazada, determinamos si esta serie era integrada de orden uno,  $I(1)$ , si su primera diferencia era encontrada estacionaria. La importancia de realizar esta prueba es la de evitar resultados espurios al momento de estimar econométricamente las elasticidades en cada modelo. Asimismo, la ventaja de utilizar la prueba KPSS en las pruebas de Dickey y Fuller (1979) y Perron (1988) es que el mismo resultan robustos ante la presencia de datos atípicos en las series de tiempo, característica generalmente encontrada en las series venezolanas. En el caso particular en el que ambas series fuesen encontradas  $I(1)$  seguimos la propuesta de Engle y Granger (1987) para determinar si las mismas se hallaban cointegradas. La ventaja de encontrar este resultado es que permite especificar un modelo de corrección de errores como estrategia de estimación.

En resumen, para la rama de actividad industrial en la que encontramos estacionaridad tanto en el logaritmo de las proporciones de precios como en las de cantidades, un modelo en niveles fue estimado. En este caso la ecuación (50) quedaría establecida como:

$$y_t = a_0 + a_1x_t + a_2y_{t-1} + u_t \quad (53)$$

en la que  $y$  es la proporción de cantidades,  $x$  la proporción de precio y  $u$  representa el término de error ruido blanco. Para este caso, la elasticidad de corto plazo corresponde al valor estimado para  $a_1$ , mientras que la elasticidad de largo plazo se estimó como  $a_1/(1 - a_2)$  si  $0 < a_2 < 1$ .

Para el caso particular en el que las variables se hallaran cointegradas, un modelo simple de corrección de errores fue el especificado para estimar las elasticidades de corto y largo plazos:

$$\Delta y_t = a_0 + a_1 \Delta x_t + a_2 y_{t-1} + a_3 x_{t-1} + u_t \quad (54)$$

En este modelo la elasticidad de corto plazo es  $a_1$  y la de largo plazo es igual a  $-a_3/a_2$ . Finalmente, si ambas series son  $I(1)$  y no se hallan cointegradas, o si alguna de ellas es encontrada estacionaria, el modelo especificado fue el siguiente:

$$\Delta y_t = a_0 + a_1 \Delta x_t + u_t \quad (55)$$

en el que sólo la elasticidad de corto plazo pudo ser determinando ( $a_1$ ). De modo equivalente este procedimiento fue aplicado para estimar las elasticidades transformación de las exportaciones para el corto y largo plazos, según la ecuación planteada en la expresión (52).

El cuadro 1 presenta los resultados de la estimación de corto y largo plazos de las elasticidades de sustitución de Armington para las importaciones. La segunda columna indica la ecuación utilizada en la estimación, según la especificación definida en el sección anterior. De los 30 sectores para los que se dispone información, 25 elasticidades en el corto plazo tienen un valor positivo y significativo de al menos 10%. Para las estimaciones de largo plazo fue posible estimar 13 modelos, de los cuales 12 elasticidades resultaron positivas y significativas. En promedio, la elasticidad de corto plazo estimada es igual a 0.78 con un rango entre 0.30 y 1.27, mientras que en el largo plazo fue de 1.25, oscilando entre 0.52 y 2.35 (poco más de una vez y media mayor al corto plazo).

Si revisamos los resultados de largo plazo tenemos que las importaciones por sectores económicos más sensibles resultaron ser: la industria del tabaco, la industria de la madera y productos de madera, la importación de bienes para la construcción de maquinarias y la de bienes para la construcción de material de transporte. Por lo contrario, los sectores menos sensibles resultaron ser los bienes importados para la fabricación de productos derivados del petróleo y carbón y para la fabricación de otros productos minerales no metálicos.

Similarmente, en el cuadro 1 se registran las estimaciones para las elasticidades de transformación de las exportaciones, tanto para el corto como para el largo plazo. En este caso, sólo siete elasticidades de corto plazo resultaron significativas y con el signo esperado, de las cuales sólo a cuatro se les pudo estimar significativamente el largo plazo. Estos sectores fueron: industrias básicas de hierro y acero, la industria del petróleo crudo y refinerías de pe-

CUADRO 1. Estimaciones de las elasticidades de corto y largo plazos para la economía venezolana (1960-2004)

Agrupación	Elasticidades de transformación entre bienes nacionales y exportados				Elasticidades de sustitución de bienes importados			
	Corto plazo		Largo plazo		Corto plazo		Largo plazo	
	Elasticidad	Error estándar	Elasticidad	Error estándar	Elasticidad	Error estándar	Elasticidad	Error estándar
Agricultura	-0.20	0.25	-0.433	0.50	0.83	0.16*		
Petróleo crudo y refinerías de petróleo	-1.26	0.49**	-3.376	1.18**	-0.07	0.46		
Industria manufacturera								
Productos alimenticios, excepto bebidas	0.07	0.17			0.64	0.19**	1.327	0.28***
Industria de bebidas	-0.24	1.01			0.45	0.20**		
Industria del tabaco	0.10	0.30			0.72	0.20**	2.351	0.40***
Fabricación de textiles	1.53	1.28			1.17	0.24***		
Prendas de vestir, excepto calzado	0.93	1.48			1.19	0.21***	1.363	0.14***
Industria del cuero, excepto el calzado	1.25	2.03			0.78	0.21***		
Fabricación de calzado	0.40	0.58	0.961	1.54	0.95	0.25***		
Madera y productos de madera	-0.40	0.60	-1.957	2.68	1.27	0.31***	1.910	0.27***
Fabricación de muebles y accesorios	3.38	1.60**			0.54	0.32*		
Fabricación de papel y productos de papel	-0.30	0.31			0.13	0.13**	0.551	0.17***
Imprentas, editoriales e industrias conexas	-0.87	0.31***			0.36	0.15**	0.714	0.20***
Fabricación de sustancias químicas industriales	-0.22	0.23	-2.698	0.69**	0.73	0.24***		
Fabricación de otros productos químicos	-0.69	0.16***	-2.502	0.51***	0.93	0.19***		
Fabricación de derivados del petróleo y carbón	-0.49	0.46			0.15	0.19	0.344	0.36
Fabricación de productos de caucho	-1.61	0.57***			0.56	0.43		
Fabricación de productos plásticos, n.e.p.	-0.11	0.84			1.27	0.30***		
Fabricación de objetos de barro, loza y porcelana	0.20	0.37	-0.452	0.38	1.18	0.18***		
Fabricación de vidrio y productos de vidrio	1.75	1.40			0.51	0.15***		
Productos minerales no metálicos	-0.38	0.23			0.46	0.06	0.522	0.04
Industrias básicas de hierro y acero	-1.93	0.31	-4.326	0.56	1.19	0.24		
Industrias básicas de metales no ferrosos	-0.47	0.20			0.42	0.18	1.463	0.76
Fabricación de productos metálicos	-0.47	0.21			1.05	0.34		
Construcción de maquinaria, exceptuado la eléctrica	0.38	0.37			0.37	0.26	1.652	0.50
Construcción de aparatos y suministros eléctricos	-0.92	0.14			0.68	0.19	0.876	0.12
Construcción de material de transporte	-1.01	0.31			0.75	0.38	1.495	0.76
Fabricación de equipo profesional y científico	-0.40	0.57			0.63	0.45		
Otras industrias manufacturera	4.70	2.31			0.51	0.24		
Servicios	0.65	0.39	0.867	0.39	0.66	0.13	0.751	0.09

FUENTE: Elaboración propia.

\* Indica que la probabilidad estimada es significante a 10 \*\* a 5 y \*\*\* a 1 por ciento.

tróleo, fabricación de sustancias químicas industriales y fabricación de otros productos químicos. A pesar de esto, resulta notorio indicar que sólo la exportación de estos sectores han representado más de 80% del total bienes y servicios exportados por la economía venezolana entre 1968 y 2004.

#### IV. SIMULACIONES: VENMOD (1998-2009)

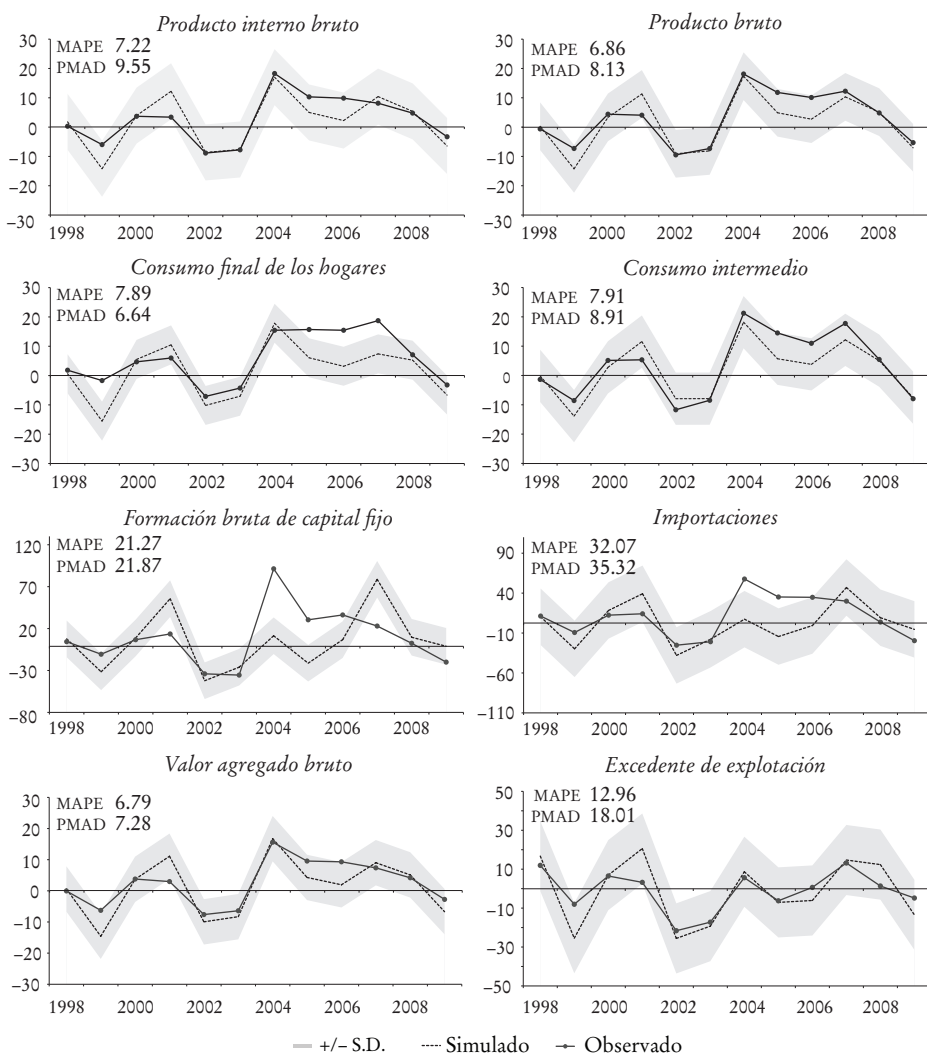
Las simulaciones aquí presentadas son el resultado de un ejercicio contrafactual en el que se supone que la economía en el momento  $t$  se encuentra en equilibrio y en el que conocemos los cambios ocurridos en las variables exógenas en el momento  $t + 1$ . Como bien lo señala Romero (2009) este método de simulación se basa mucho en las observaciones de un año en particular, en el que el modelo especificado se verá influido por todos los choques ocurridos en dicho año en particular. Para evitar la debilidad en este tipo de ejercicios, tomaremos como resultado para cada simulación el promedio resultante de los distintos equilibrios observados entre 1997 y 2005, ya que tenemos la ventaja de contar con las distintas matrices de contabilidad social estimadas en ese periodo por el Banco Central de Venezuela. En este sentido, supondremos que el estado estacionario girará en torno de los distintos equilibrios observados durante ese periodo (Harrison y Vinod, 1992).

Por este motivo las simulaciones deben ser consideradas como una aproximación que intentan mostrar la capacidad de réplica del MEGC para los años comprendidos entre 1998 y 2009, sin pretender ser un resultado de pronóstico. Por ello, los mismos deben ser considerados como un ejercicio de estática comparativa entre los verdaderos valores observados para cada año frente a los simulados en cada periodo, el cual permite conocer la fiabilidad del MEGC preparado para Venezuela. Para esto, se supone de manera exógenamente conocido el comportamiento de cuatro variables al momento de simular el MEGC: la oferta de trabajo de la economía ( $LS$ ), las exportaciones totales ( $ET$ ), el ahorro externo ( $SF$ ) y el consumo total del gobierno ( $CGS$ ). Por lo que para conocer su comportamiento futuro se tomaron las variaciones a precios constantes disponible en el sistema de cuentas nacionales del Banco Central de Venezuela para cada una de estas variables (véase cuadro 2).

Como lo señalan Sauma y Sánchez (2003) a pesar que el modelo logra explicar satisfactoriamente el comportamiento de la economía venezolana, en este tipo de modelos las magnitudes resultantes deben ser tomadas con

GRÁFICA 1. *Algunos resultados globales de las simulaciones: Efectos reales*

(Análisis de estática comparativa, 1998-2009; porcentaje)



cautela, ya que a pesar de que los efectos pronosticados son correctos en sus signos, sus variaciones no fueron siempre del todo precisas.

Por este motivo, presentamos dos medidas que nos permitan conocer el error del pronóstico: el error absoluto porcentual de la media (MAPE) y la desviación porcentual absoluta de la media (PMAD). En este sentido, la gráfica 1 presenta el resultado de las simulaciones para las variaciones reales de los

CUADRO 2. *Variables exógenas simuladas (t + 1)*

<i>Variables exógenas</i>	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Dotación de trabajo ( <i>LS</i> )	0.870	0.948	1.012	1.032	1.067	1.036
Exportaciones totales ( <i>ET</i> )	1.035	0.890	1.058	0.965	0.960	0.896
Ahorro externo ( <i>SF</i> ) (dólares)	0.74	-1.30	0.73	0.30	2.80	1.11
Consumo total del gobierno ( <i>CGS</i> )	0.969	0.925	1.042	1.069	0.975	1.057
	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Dotación de trabajo ( <i>LS</i> )	1.262	1.193	1.138	1.053	1.036	1.008
Exportaciones totales ( <i>ET</i> )	1.137	1.038	0.970	0.930	0.973	0.871
Ahorro externo ( <i>SF</i> ) (dólares)	1.26	1.59	0.94	0.38	1.55	0.82
Consumo total del gobierno ( <i>CGS</i> )	1.142	1.107	1.096	1.061	1.067	1.023

FUENTE: Banco Central de Venezuela y cálculos propios.

principales agregados macroeconómicos. Se puede observar que las simulaciones para los cambios en el producto interno bruto y producción bruta, consumo final de los hogares y consumo intermedio los signos resultan correctos y sus magnitudes bastantes certeras, salvo para 1999 y 2001. Por su parte, el sector externo y la formación bruta de capital, a pesar de mostrar los signos correctos en 2004, resulta en magnitud bastante imprecisa.

## CONCLUSIONES

Los modelos de equilibrio general computable (MEGC) han logrado resolver algunas de las limitaciones de los modelos de insumo-producto como instrumento de evaluación al lograr incorporar en su formulación los mecanismos de mercado en la asignación de recursos, como las funciones de demanda para establecer la maximización de la utilidad de los consumidores o las funciones de oferta para fundamentar el comportamiento de los productores.

No obstante, al realizar la evaluación de la capacidad predictiva (*ex post*) del modelo de equilibrio general computable para Venezuela (VenMod), a pesar de que el mismo logra validar su aplicabilidad para analizar los cambios observados en la economía, sus resultados deben ser tomados con cautela, ya que a pesar de que los efectos pronosticados en este artículo son correctos en la mayoría de sus signos, sus variaciones no fueron siempre del todo precisas en términos de su magnitud. Aun así, los valores numéricos de las simulaciones aquí presentadas pueden servir de referencia para futuras aplicaciones de esta metodología al caso de la economía venezolana. El paso que sigue es introducir al modelo nuevas especificaciones que hagan al modelo una mejor aproximación a la realidad económica venezolana.

APÉNDICE

CUADRO A1. Matriz de contabilidad social (1998-2005)

(Miles de millones de bolívares)

1998	a1	a2	a3	c1	c2	c3	L	K	C	CG	I	TRF	TRY	ROW	Total	
<i>Actividades</i>																
Petróleo	a1	—	—	10 026	0	5	—	—	—	—	—	—	—	—	10 031	
Manufactura	a2	—	—	0	27 854	573	—	—	—	—	—	—	—	—	28 427	
Resto	a3	—	—	0	89	46 578	—	—	—	—	—	—	—	—	46 667	
<i>Productos</i>																
Petróleo	c1	2 912	460	789	—	—	—	—	538	0	-192	—	—	6 390	10 896	
Manufactura	c2	578	11 514	6 562	—	—	—	—	13 556	99	5 714	—	—	2 588	40 613	
Resto	c3	1 515	4 725	10 391	—	—	—	—	14 728	6 636	9 812	—	—	1 485	49 293	
<i>Factores de producción</i>																
Remuneración asalariados	L	1 420	5 094	19 088	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	25 610	
Excedente de explotación	K	3 599	6 399	9 327	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	19 324	
<i>Distribución del ingreso</i>																
Hogares y resto de sectores	C	—	—	—	—	—	25 596	19 311	40 325	2 449	0	0	0	1 311	88 993	
Gobierno	CG	—	—	—	0	0	0	13	7 011	11 154	0	4 242	846	144	23 410	
<i>Inversión</i>																
Inversión neta	I	—	—	—	—	—	—	—	10 788	2 192	24 369	0	0	3 639	40 988	
<i>Impuestos</i>																
Impuestos directos	TRF	8	235	510	466	2 237	786	—	—	—	—	—	—	—	4 242	
Derechos de importación	TRY	—	0	0	35	810	0	—	—	—	—	—	—	—	846	
Resto del mundo	ROW	—	0	0	369	9 621	1 352	14	0	2 046	879	1 285	—	2 354	17 921	
Total		10 031	28 427	46 667	10 896	40 613	49 293	25 610	19 324	88 993	23 410	40 988	4 242	846	17 921	407 263



1999

*Actividades*

Petróleo	a1	-	-	15 150	0	139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15 289
Manufactura	a2	-	-	0	28 624	638	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29 263
Resto	a3	-	-	0	74	52 763	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52 836

*Productos*

Petróleo	c1	3 833	578	991	-	-	-	572	0	382	-	-	-	-	-	-	-	9 875
Manufactura	c2	482	11 198	6 646	-	-	-	14 813	113	5 487	-	-	-	-	-	-	-	2 166
Resto	c3	2 094	5 176	11 750	-	-	-	18 686	7 197	9 868	-	-	-	-	-	-	-	1 556

*Factores de producción*

Remuneración asalariados	L	1 974	5 571	22 360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
Excedente de explotación	K	6 863	6 428	10 417	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

*Distribución del ingreso*

Hogares y resto de sectores	C	-	-	-	-	29 901	23 685	48 879	2 542	0	0	0	0	0	0	0	0	1 436
Gobierno	CG	-	-	-	0	0	23	7 711	12 929	0	4 876	856	64	26 460	106 443	26 460		

*Inversión*

Inversión neta	I	-	-	-	-	-	-	14 323	2 715	34 730	0	0	2 710	54 477				
----------------	---	---	---	---	---	---	---	--------	-------	--------	---	---	-------	--------	--	--	--	--

*Impuestos*

Impuestos directos	TRF	42	311	673	481	2 311	1 058	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 876
Derechos de importación	TRY	-	0	0	77	780	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	856
Resto del mundo	ROW	-	0	0	524	9 115	1 730	15	0	1 458	964	4 012	-	-	-	-	-	-1302
Total		15 289	29 263	52 836	16 232	40 904	56 327	29 915	23 708	106 443	26 460	54 477	4 876	856	16 516	474 102		

CUADRO A1 (continuación)

	a1	a2	a3	c1	c2	c3	L	K	C	CG	I	TRF	TRY	ROW	Total
2000															
<i>Actividades</i>															
Petróleo	a1	—	—	25 508	0	47	—	—	—	—	—	—	—	—	25 555
Manufactura	a2	—	—	0	3 4486	779	—	—	—	—	—	—	—	—	35 265
Resto	a3	—	—	0	84	64 620	—	—	—	—	—	—	—	—	64 704
<i>Productos</i>															
Petróleo	c1	4 892	709	1 239	—	—	—	—	646	0	598	—	—	18 586	26 670
Manufactura	c2	659	13 508	7 836	—	—	—	—	17 683	136	6 843	—	—	3 233	49 898
Resto	c3	2 648	6 162	13 457	—	—	—	—	22 891	9 781	11 812	—	—	1 875	68 626
<i>Factores de producción</i>															
Remuneración asalariados	L	1 997	6 564	28 285	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	36 858
Excedente de explotación	K	15 336	8 057	13 185	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	36 577
<i>Distribución del ingreso</i>															
Hogares y resto de sectores	C	—	—	—	—	—	36 838	36 558	51 906	3 822	0	0	0	2 141	131 266
Gobierno	CG	—	—	—	0	0	0	19	13 230	17 973	0	5 240	992	105	37 561
<i>Inversión</i>															
Inversión neta	I	—	—	—	—	—	—	—	22 752	4 703	73 186	0	0	1 671	102 312
<i>Impuestos</i>															
Impuestos directos	TRF	22	266	703	561	2 518	1 170	—	—	—	—	—	—	—	5 240
Derechos de importación	TRY	—	0	0	75	917	0	—	—	—	—	—	—	—	992
Resto del mundo	ROW	—	0	0	526	11 892	2 010	20	2 157	1 145	9 873	—	—	-8 202	19 421
Total		25 555	35 265	64 704	26 670	49 898	68 626	36 858	36 577	131 266	37 561	5 240	992	19 421	640 945

2001

*Actividades*

Petróleo	a1	-	-	21 960	362	237	-	-	-	-	-	-	-	-	22 559
Manufactura	a2	-	-	32	39 434	794	-	-	-	-	-	-	-	-	40 260
Resto	a3	-	-	0	91	78 059	-	-	-	-	-	-	-	-	78 149

*Productos*

Petróleo	c1	4 704	699	1 378	-	-	-	670	0	560	-	-	15 304	23 314
Manufactura	c2	833	15 384	9 356	-	-	-	21 003	162	8 507	-	-	3 008	58 253
Resto	c3	2 809	7 034	15 947	-	-	-	27 166	12 501	15 415	-	-	1 911	82 783

*Factores de producción*

Remuneración asalariados	L	2 275	7 365	34 266	-	-	-	-	-	-	-	-	14	43 919
Excedente de explotación	K	11 926	9 478	16 539	-	-	-	-	-	-	-	-	0	37 943

*Distribución del ingreso*

Hogares y resto de sectores	C	-	-	-	-	43 900	37 917	59 290	4 987	0	0	0	2 026	148 119
Gobierno	CG	-	-	-	0	0	26	15 252	21 477	0	5 924	1 172	100	43 953

*Inversión*

Inversión neta	I	-	-	-	-	-	-	22 203	3 664	38 168	0	0	2 500	66 536
----------------	---	---	---	---	---	---	---	--------	-------	--------	---	---	-------	--------

*Impuestos*

Impuestos directos	TRF	12	301	663	554	2 950	1 444	-	-	-	-	-	-	5 924
Derechos de importación	TRY	-	0	0	82	1 090	0	-	-	-	-	-	-	1 172
Resto del mundo	ROW	--	0	0	685	14 327	2 249	20	0	2 536	1 162	3 886	-1 385	23 478
Total		22 559	40 260	78 149	23 314	58 253	82 783	43 919	37 943	148 119	43 953	5 924	1 172	23 478

676 362

CUADRO A1 (continuación)

	a1	a2	a3	c1	c2	c3	L	K	C	CG	I	TRF	TRY	ROW	Total
<i>Actividades</i>															
Petróleo	a1	—	—	31 695	409	109	—	—	—	—	—	—	—	—	32 214
Manufactura	a2	—	—	58 45 670	914	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46 642
Resto	a3	—	—	0	100	90 129	—	—	—	—	—	—	—	—	90 229
<i>Productos</i>															
Petróleo	c1	5 957	854	1 528	—	—	—	—	700	0	-1 248	—	—	25 092	32 882
Manufactura	c2	961	17 922	11 051	—	—	—	—	23 986	193	6 981	—	—	5 175	66 269
Resto	c3	2 983	8 060	18 665	—	—	—	—	33 054	13 834	17 085	—	—	2 553	96 234
<i>Factores de producción</i>															
Remuneración asalariados	L	3 005	8 283	39 297	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	50 608
Excedente de explotación	K	19 181	10 543	18 283	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	48 007
<i>Distribución del ingreso</i>															
Hogares y resto de sectores	C	—	—	—	—	—	50 582	47 977	71 303	8 452	0	0	0	1 940	180 253
Gobierno	CG	—	—	—	0	0	0	31	19 708	25 679	0	8 065	1 182	154	54 820
<i>Inversión</i>															
Inversión neta	I	—	—	—	—	—	—	—	27 651	5 040	42 403	0	0	317	75 411
<i>Impuestos</i>															
Impuestos directos	TRF	127	979	1 405	3 366	17 89	—	—	—	—	—	—	—	—	8 065
Derechos de importación	TRY	—	0	0	86	1 096	0	—	—	—	—	—	—	—	1 182
Resto del mundo	ROW	—	0	0	644	15 628	3 292	26	0	3 852	1 621	10 190	—	-9 873	25 380
Total		32 214	46 642	90 229	32 882	66 269	96 234	50 608	48 007	180 253	54 820	75 411	8 065	1 182	25 380
															808 195

2002

*Actividades*

Petróleo	a1	-	-	-	47 037	0	544	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47 581
Manufactura	a2	-	-	-	0	61 353	1 320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62 673
Resto	a3	-	-	-	0	122 103 588	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103 710

*Productos*

Petróleo	c1	9 802	1 001	1 521	-	-	-	731	0	51	-	-	-	-	-	-	-	35 166
Manufactura	c2	1 272	24 201	13 135	-	-	-	31 720	261	6 385	-	-	-	-	-	-	-	7 019
Resto	c3	3 468	10 346	22 259	-	-	-	41 033	17 027	14 450	-	-	-	-	-	-	-	3 160

*Factores de producción*

Remuneración asalariados	L	3 180	10 262	45 516	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34
Excedente de explotación	K	29 693	15 553	19 368	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

*Distribución del ingreso*

Hogares y resto de sectores	C	-	-	-	-	-	-	58 943	64 577	90 260	11 311	0	0	0	0	0	0	2 940
Gobierno	CG	-	-	-	0	0	0	38	27 379	32 966	0	9 637	1 009	215	71 243	228 031	71 243	

*Inversión*

Inversión neta	I	-	-	-	-	-	-	-	32 155	7 431	126 986	0	0	1 202	167 774
----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	--------	-------	---------	---	---	-------	---------

*Impuestos*

Impuestos directos	TRF	166	1 310	1 911	-837	4 665	2 422	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9 637
Derechos de importación	TRY	-	0	0	108	901	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 009
Resto del mundo	ROW	-	0	0	1 963	16 952	3 869	48	0	4 754	2 246	19 903	-	-	-	-	-	-18 701
Total		47 581	62 673	103 710	48 271	83 994	111 742	58 991	64 614	228 031	71 243	167 774	9 637	1 009	31 034	1 090 305		

CUADRO A1 (conclusión)

	a1	a2	a3	c1	c2	c3	L	K	C	CG	I	TRF	TRY	ROW	Total	
<i>Actividades</i>																
Petróleo	a1	—	—	84 369	0	1 202	—	—	—	—	—	—	—	—	85 571	
Manufactura	a2	—	—	28 93 661	18 93	—	—	—	—	—	—	—	—	—	95 582	
Resto	a3	—	—	0	1 636	146 450	—	—	—	—	—	—	—	—	148 087	
<i>Productos</i>																
Petróleo	c1	19 556	1 705	2 553	—	—	—	—	937	0	771	—	—	60 972	86 495	
Manufactura	c2	2 227	37 606	21 476	—	—	—	—	47 634	563	20 339	—	—	10 931	140 776	
Resto	c3	5 572	15 193	32 318	—	—	—	—	56 104	24 866	25 252	—	—	5 084	164 388	
<i>Factores de producción</i>																
Remuneración asalariados	L	7 001	14 622	68 587	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38	90 248	
Excedente de explotación	K	51 029	25 099	26 022	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	102 149	
<i>Distribución del ingreso</i>																
Hogares y resto de sectores	C	—	—	—	—	—	90 172	102 079	137 639	14 140	0	0	0	0	347 951	
Gobierno	CG	—	—	—	838	11 614	4 137	0	70	45 012	50 620	0	3 538	0	116 194	
<i>Inversión</i>																
Inversión neta	I	—	—	—	—	—	—	—	52 459	23 385	191 263	14 664	2 122	-2 190	281 703	
<i>Impuestos</i>																
Impuestos directos	TRF	187	1 361	1 990	737	9 593	4 137	—	—	—	—	—	—	—	18 005	
Derechos de importación	TRY	—	0	0	101	2 021	0	—	—	—	—	—	—	—	2 122	
Resto del mundo	ROW	—	0	0	1 260	33 864	5 632	75	0	8 166	2 817	27 293	—	-29 483	49 624	
Total		85 571	95 586	152 946	87 333	152 390	163 452	90 248	102 149	347 951	116 391	264 918	18 202	2 122	49 637	1 728 896

2004

2005

*Actividades*

Petróleo	a1	—	—	—	130 093	0	1 172	—	—	—	—	—	—	131 265
Manufactura	a2	—	—	—	35 122 637	2 599	—	—	—	—	—	—	—	125 271
Resto	a3	—	—	—	0	2 457 207 147	—	—	—	—	—	—	—	209 604

*Productos*

Petróleo	c1	26 994	2 369	3 831	—	—	—	1 102	0	-380	—	—	100 300	134 216
Manufactura	c2	2 757	48 735	30 435	—	—	—	64 666	1 178	32 775	—	—	13 659	194 204
Resto	c3	6 765	20 333	44 603	—	—	—	76 393	32 442	37 557	—	—	6 638	224 731

*Factores de producción*

Remuneración asalariados	L	8 300	19 519	93 602	—	—	—	—	—	—	—	—	42	121 464
Excedente de explotación	K	86 148	32 399	34 218	—	—	—	—	—	—	—	—	0	152 766

*Distribución del ingreso*

Hogares y resto de sectores	C	—	—	—	—	—	121 405	152 673	185 794	34 287	0	0	8 570	502 729
Gobierno	CG	—	—	—	879	17 284	6 607	0	92 79 323	69 769	0	5 130	0	179 835

*Inversión*

Inversión neta	I	—	—	—	—	—	—	—	85 659	37 917 391 083	21 031	3 739	10 774	5502 03
----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	--------	----------------	--------	-------	--------	---------

*Impuestos*

Impuestos directos	TRF	299	1 915	2 916	740	13 685	6 606	—	—	—	—	—	—	26 161		
Derechos de importación	TRY	—	0	0	140	3 599	0	—	—	—	—	—	—	3 739		
Resto del mundo	ROW	—	0	0	3 209	51 827	7 207	59	0	9 792	4 241	64 399	—	87 110		
Total		131 265	125 271	209 604	135 096	211 488	231 338	121 464	152 766	502 729	179 835	525 434	26 161	3 739	87 110	2 643 297

FUENTE: Banco Central de Venezuela y cálculos propios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antiveros, I. (1992), *Serie estadísticas de Venezuela de los últimos cincuenta años*, Caracas, Banco Central de Venezuela.
- Armington, P. S. (1969), "A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production", *IMF Staff Papers*, 16, pp. 159-178.
- Benassy, J. (1982), *The Economics of Market Disequilibrium*, Academic Press.
- Botman, D., P. Karam, D. Laxton y D. Rose (2007), "DSGE Modeling at the Fund: Applications and Further Developments", *IMF working papers*, 2007, pp. 1-41.
- Brandi, M. (1988), "Análisis del sector externo venezolano", Banco Central de Venezuela, mimeografiado.
- Devarajan, S., y S. Robinson (2005), "The Influence of Computable General Equilibrium Models on Policy", Timothy Kehoe, T. N. Srinivasan y J. Whalley (comps.), *Frontiers in Applied General Equilibrium Modeling: In Honor of Herbert Scarf*, Cambridge University Press.
- , D. S. Go, J. Lewis, S. Robinson y P. Sinko (1997), "Simple General Equilibrium Modelng", Joseph François y Kenneth Reinert (comps.), *Applied Methods for Trade Policy Analysis*, Cambridge University Press.
- Dickey, D. A., y W. A. Fuller (1979), "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Journal of the American Statistical Association*, 74, pp. 427-431.
- Engle, R., y C. Granger (1987), "Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing", *Econometrica*, 55, 2, pp. 251-276.
- Fontes, O. A., H. Kume y A. C. de Souza Pedroso (2007), "Elasticidades de Armington para o Brasil – 1986-2002", *Revista Brasileira RBE*, 61, 2, pp. 245-267.
- Frisch, Ragnar (1931), "The Interrelation Between Capital Production and Consumer-Taking", *Journal of Political Economy*, 39, 5, pp. 646-654.
- Galloway, Michael, Christine McDaniel y Sandra Rivera (2003), "Short-Run and Long-Run Industry-Level Estimates of U.S. Armington Elasticities", *The North American Journal of Economics and Finance*, 14, 1, pp 49-68.
- Ghosh, A. (1958), "Input-Output Approach in an Allocation System", *Economica New Series*, 25, 97, pp. 58-64.
- González, M., y S. Wong (2004), "Elasticidades de sustitución de importaciones para Ecuador", *Revista Tecnológica ESPOL*, 1, 18, pp. 173-180.
- Harberger, A. C. (1962), "The Corporation Income Tax", *Journal of Political Economy*, 70 3, pp. 215-240.
- Harrison, G., y H. D. Vinod (1992), "The Sensitivity Analysis of Applied General Equilibrium Models: Completely Randomized Factorial Sampling Designs", *The Review of Economics and Statistics*, 74, 2, pp. 357-362.
- Hedi Bchir, Mohamed, Y. Decreux, J. Guérin y S. Jean (2002), "MIRAGE, a Computable



- General Equilibrium Model for Trade Policy Analysis”, CEPII Working Paper, 17, pp. 2-52.
- Ho, Mun S., Dale W. Jorgenson y Dwight H. Perkins (1998), “China’s Economic Growth and Carbon Emissions”, Michael B. McElroy, Chris P. Nielsen y Peter Lydon (comps.), *Energizing China: Reconciling Environmental Protection and Economic Growth*, Cambridge, Harvard University Press.
- Johansen, Leif (1960), *A Multi-Sectoral Study of Economics Growth*, Amsterdam, North-Holland.
- Kehoe, Patrick, y Timothy Kehoe (1994), “Capturing NAFTA’s Impact With Applied General Equilibrium Models”, *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, 18, 1, pp 1-20.
- Kwiatkowski, D., P. C. B., Phillips, P. Schmidt y Y. Shin (1992), “Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root: How Sure are we that Economic Time Series Have a Unit Root?”, *Journal of Econometric*, 54, 1-3, pp. 159-178.
- Kydland, Finn y E. Prescott (1982), “Time to Build and Aggregate Fluctuations”, *Econometrica*, 50, 6, pp. 1345-1370.
- Marimón, R., y A. Scott (1999), *Computational Methods for the Study of Dynamic Economies*, Oxford University Press.
- Pedauga, Luis (2009), “Empalme de series temporales: Caso del PIB en Venezuela”, *Temas de Coyuntura*, 59, 6, pp. 7-38.
- Perron, P. (1988), “Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series: Further Evidence from a New Approach”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, pp. 297-332.
- Roland-Holst, D., K. A. Reiner y C. R. Shiels (1992), “North American Trade Liberalization and the Role of Bontariff barriers”, *Economy-Wide of the Economic Implication of a FTA with Mexico and a NAFTA with Mexico and Canada*, Washington, International Trade Commission.
- Romero, Carlos (2009), Calibración de modelos de equilibrio general computado: métodos y práctica usual, *Munich Personal RePEc Archive* (<http://mpra.ub.uni-muenchen.de/17767/>), 10 de octubre.
- Sauma, Pablo, y Marco V. Sánchez (2003), *Exportaciones, crecimiento económico, desigualdad y pobreza: El caso de Costa Rica*, San José, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Editorial Isis.
- Scarf, H. (1967), *On the Computation of Equilibrium Prices, Ten Economics Studies in the Tradition of Irving Fisher*, Nueva York, Editorial W. J. Fellner.
- Shiells, Clinton, Robert Stern y Alan V. Deardorff (1986), “Estimates of the Elasticities of Substitution Between Imports and Home Goods for the United States”, *Review of World Economics*, 122, 3, 497-519.
- Shoven, J., y J. Whalley (1984), “Applied General-Equilibrium Models of Taxation and

International Trade: An Introduction and Survey”, *Journal of Economic Literature*, XXII, pp. 1007-1051.

Tinbergen, J. (1939), *Statistical Testing of Business-Cycle Theories, Vol, II, Business Cycles in the United States of America, 1919-1932*, Ginebra, Liga de las Naciones.