



Universidad Nacional de La Plata

Departamento
Economía
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad Nacional de La Plata

Economía Computacional

Equilibrio General Computado: Descripción de la Metodología

Martín Cicowiez y Luciano Di Gresia

Trabajo Docente No. 7

Abril 2004

EQUILIBRIO GENERAL COMPUTADO: DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA*

Marzo, 2004

Martín Cicowiez
Luciano Di Gresia

I INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es describir, a través de ejemplos sencillos, la metodología del equilibrio general computado. En los últimos años, el aumento de la capacidad computacional ha contribuido al incremento de la utilización de esta metodología para la evaluación de políticas económicas en varios países del mundo.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la Sección II se presentan las características generales de los modelos de equilibrio general computado. En la Sección III se describe en qué consiste una matriz de contabilidad social que se emplea para hacer operacional (calibrar) un modelo de equilibrio general computado. En la Sección IV se expone el procedimiento de calibración. En la Sección V se sintetizan los pasos a seguir para la aplicación del análisis de equilibrio general computado a un caso particular. En la Sección VI se desarrolla un ejemplo de aplicación de la metodología del equilibrio general computado. Por último, la Sección VII contiene algunos comentarios finales.

II MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL COMPUTADO

La metodología que se describe en este trabajo es la del Equilibrio General Computado (en inglés *Computable General Equilibrium*: CGE). Esta herramienta es ideal para estimar

* Una versión anterior de este trabajo se realizó en el marco del proyecto “Estimación de los Conglomerados Marítimos de la República de Panamá” de Sanchez, Ricardo J. y García Bernal, Rodrigo. Panamá, 2003.

ex-ante el impacto cuantitativo de un cambio de política económica. En esta sección se presentan las principales características de los modelos de CGE.

Un modelo de equilibrio general capta las interrelaciones entre los distintos sectores de una economía por lo que permite analizar los efectos tanto directos como indirectos de un cambio exógeno de política. Esto lo convierte en una herramienta ideal para identificar ganadores y perdedores luego del cambio de política. En un análisis de equilibrio general se modela toda la economía mientras que en un análisis de equilibrio parcial se analiza sólo la situación de un mercado particular suponiendo constantes las condiciones en el resto de los mercados de la economía.

La idea básica detrás de un modelo de CGE es simple: se trata de una representación en computadora de una economía compuesta por agentes económicos que se comportan de acuerdo con los principios de la optimización microeconómica.

Los modelos de CGE son la contraparte numérica de los modelos de equilibrio general walrasianos tipo Arrow-Debreu (1954) por lo que están basados en el comportamiento optimizador de los agentes económicos. Las aplicaciones numéricas del equilibrio general se iniciaron con el trabajo de Harberger (1962) sobre incidencia tributaria en el contexto de un modelo numérico de dos sectores. El trabajo de Scarf (1969) hizo posible la determinación del equilibrio de un sistema walrasiano. La utilización de modelos de CGE recibió un impulso fundamental del trabajo pionero de Shoven y Whalley (1972, 1984, 1992). Más recientemente, contribuciones como las del GTAP (Hertel, 1997) y Rutherford (1999) han contribuido al desarrollo y utilización de esta metodología. Dos de los campos de mayor aplicación han sido las finanzas públicas (por ejemplo, para la evaluación de sistemas tributarios alternativos) y el comercio internacional (por ejemplo, para la evaluación de distintos acuerdos de liberalización comercial).

Un modelo de CGE es una representación en computadora de una economía que posee las siguientes características: i) hay varios agentes económicos (familias, empresas, gobierno, etc.) que interactúan; ii) el comportamiento individual está basado en la optimización microeconómica; iii) la mayoría de las interacciones entre los agentes se realizan a través de mercados; iv) son modelos típicamente desagregados; v) la información necesaria para construir un modelo de CGE corresponde a un “equilibrio general” observado o caso base y a un conjunto de estimaciones independientes de elasticidades de oferta y demanda; vi) los

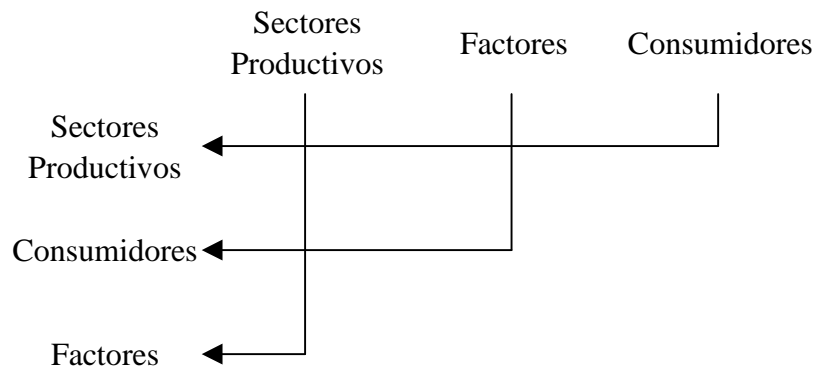
datos empleados en su construcción son pocos cuando se los compara con el número de parámetros de comportamiento y tecnológicos del modelo; viii) la formulación de este tipo de modelos tiene como objetivo el análisis de políticas económicas.

La metodología que se emplea con los modelos de CGE para analizar los efectos económicos de políticas comerciales alternativas es la realización de experimentos contrafactuales o simulaciones. Se pregunta al modelo qué habría pasado en el año base si hubiese sido implementada la política de interés y el resto de las políticas domésticas y las condiciones externas hubieran permanecido sin cambios. Por lo tanto, este tipo de análisis enfatiza los efectos de la política de interés aislándola de otros factores. Las características mencionadas deben ser tenidas en cuenta cuando se interpretan los resultados que arroja un modelo de CGE. Esta metodología funciona como un “experimento controlado” en el que sólo se modifican algunas de las variables exógenas del modelo manteniendo constante todo lo demás.

III LA MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL

Para que un modelo de CGE sea operacional es necesario contar con un caso base. La presentación de los datos del equilibrio inicial se realiza, generalmente, mediante una Matriz de Contabilidad Social (en inglés *Social Accounting Matrix: SAM*) (Kehoe, 1996). Una SAM contiene todas las transacciones que tienen lugar en una economía determinada durante un período de tiempo dado. Por ejemplo, una SAM simple puede contener información sobre las transacciones que se realizan entre los factores de producción, los consumidores y los sectores productivos de un país durante un año. Estas transacciones pueden modelarse como en la Figura 1.

Figura 1



Las flechas de la figura indican flujos monetarios. A cada uno le corresponde un flujo real en dirección opuesta. Comenzando por la columna *Sectores Productivos* se sigue la flecha hasta la fila *Factores* lo que indica que las firmas realizan pagos a los factores que emplean. Luego se sigue la flecha que parte de la columna *Factores* para llegar a la fila *Consumidores* lo que indica que los consumidores son los dueños de los factores razón por la cual reciben su remuneración. Luego se sigue la flecha que parte de la columna *Consumidores* para llegar a la fila *Sectores Productivos* lo que indica que los consumidores emplean su ingreso para comprar los bienes que producen las firmas.

Para construir una SAM que permita calibrar un modelo de CGE es necesario suponer que los valores observados de las variables constituyen un “equilibrio general”. Es decir, deben cumplirse las siguientes condiciones: i) las demandas se igualan a las ofertas en todos los mercados; ii) ningún sector productivo tiene beneficios positivos; iii) todos los agentes modelados cumplen con su restricción presupuestaria; y iv) el sector externo de la economía está equilibrado. En la práctica, no todas las estadísticas publicadas cumplen estas condiciones por lo que resulta necesario realizar varios ajustes.

De lo anterior se desprende que una SAM es una matriz cuadrada con elementos $T = t_{ij}$ donde t_{ij} es el valor de la transacción en la que la cuenta i recibe un ingreso que se origina en el gasto de la cuenta j . La suma de cada fila debe igualarse con la suma de la columna correspondiente lo que refleja el hecho de que cada cuenta satisface –exactamente– su restricción presupuestaria.

A modo de ejemplo, la Tabla 1 presenta una SAM de una economía artificial compuesta por dos sectores productivos (X y Y), dos factores de producción (L y K) y dos consumidores (A

y B). Para interpretar una SAM se sigue el principio de que las columnas realizan pagos a las filas.

Tabla 1: Matriz de Contabilidad Social

	X	Y	L	K	A	B	TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7
X 1					80	20	100
Y 2					20	80	100
L 3	70	30					100
K 4	30	70					100
A 5			90	10			100
B 6			10	90			100
TOTAL 7	100	100	100	100	100	100	

Por ejemplo, la celda [3,1]¹ expresa que el sector X paga 70 al factor trabajo mientras que la celda [3,2] expresa que el sector Y paga 30 al factor trabajo. Del total de 100 que recibe el factor trabajo, 90 recibe el consumidor A y 10 el consumidor B como muestran las celdas [5,3] y [6,3], respectivamente. La celda [6,4] expresa que el consumidor B recibe, además, 90 como remuneración al factor capital que posee. Las celdas [1,6] y [2,6] expresan que el consumidor B consume 20 de X y 80 de Y, respectivamente. El valor de la celda [7,6] indica que el gasto total del consumidor B es 100. Este valor es igual al de la celda [6,7] que expresa cuál es el ingreso total del consumidor B. La suma de las filas y columnas correspondientes de la SAM se igualan. Esto significa que la SAM está balanceada por lo que se cumplen las condiciones del equilibrio general mencionadas más arriba.

El insumo básico para la construcción de una SAM es la matriz insumo-producto (MIP). Una MIP recopila las transacciones entre los sectores productivos de una economía durante un año. Para construir una SAM es necesario expandir la matriz insumo-producto con información proveniente, típicamente, de cuentas nacionales, encuestas de gastos, encuestas de ingreso, etc. La información adicional a la matriz insumo-producto que se requiera dependerá del modelo que se desea construir. Debido a que la información que se emplea

¹ La celda [i,j] se refiere al valor correspondiente a la intersección de la fila i con la columna j.

proviene de fuentes diversas, suele ser necesario emplear métodos de ajuste para hacer compatible esta información. Un método comúnmente utilizado es el RAS (row-and-column sum) que permite balancear una matriz^{2,3}. Algunos ejemplos del procedimiento que se sigue en la construcción de una SAM pueden encontrarse en Dervis et al. (1982), St-Hilaire y Whalley (1983), Piggot y Whalley (1985), Ballard et al. (1985), Shoven y Whalley (1992) y de Melo y Tarr (1992).

IV LA CALIBRACION

Por tratarse de modelos numéricos, es necesario asumir formas funcionales específicas para modelar el comportamiento de los agentes económicos. Los valores que toman los parámetros de estas funciones son cruciales para determinar los resultados que generan los ejercicios de simulación. El procedimiento que usualmente se emplea para dar valor a los parámetros del modelo se denomina calibración (Mansur y Whalley, 1984).

Para calibrar, en lugar de resolver el modelo para obtener un equilibrio, se emplea el caso base para obtener los valores de los parámetros del modelo que son consistentes con esa observación. Un modelo está calibrado cuando en la solución inicial los agentes económicos artificiales realizan las mismas transacciones que las observadas en la SAM construida. La solución inicial es aquella en la que las variables exógenas del modelo no han sido modificadas.

Una vez construida la SAM, se seleccionan las formas funcionales que tendrán las funciones de utilidad, producción, etc. Las usualmente utilizadas son: Leontief, Cobb-Douglas, CES (Elasticidad de Sustitución Constante), entre otras. Para la calibración se combina la información de la SAM con estimaciones de las elasticidades relevantes. Por ejemplo, para calibrar una función de producción de valor agregado tipo CES es necesario contar con una

² Por medio de este procedimiento, una matriz no negativa que inicialmente no cumple la restricción de que la suma del total de cada fila sea igual a la suma del total de cada columna se transforma en una matriz consistente a través de la alternancia de operaciones sobre las filas y sobre las columnas de la matriz. En primer lugar, se satisfacen las restricciones de las filas, luego las restricciones de las columnas, luego las restricciones de las filas, y así sucesivamente hasta que se obtiene una matriz consistente.

³ Para una discusión reciente acerca de los diversos métodos que existen para balancear una SAM puede consultarse Round (2003).

estimación de la elasticidad de sustitución entre factores primarios de producción⁴. Las elasticidades pueden estimarse econométricamente. Para este tipo de análisis pueden emplearse tanto estimaciones de corte transversal como estimaciones de series temporales. Como alternativa a la estimación econométrica, puede recurrirse a la literatura para dar valor a las elasticidades del modelo⁵.

Debido a que la calibración es un proceso determinístico, mediante el cual se obtienen valores para los parámetros del modelo partiendo de una SAM, no es posible realizar ningún test estadístico para validar la especificación del modelo que se emplea. Sin embargo, es posible realizar un análisis de sensibilidad de los resultados con respecto al valor que toman los distintos parámetros. Cabe aclarar que modelos con estructuras económicas tan complejas son difícilmente estimables econométricamente tanto por la dificultad de la estimación en sí como, principalmente, por la falta de la información necesaria.

IV.1 UN EJEMPLO DE CALIBRACION

A modo de ejemplo, en este apartado se presentan las fórmulas de calibración de funciones de producción tipo Cobb-Douglas. Esta función de producción puede escribirse como

$$Q = \alpha L^{\beta_L} K^{\beta_K}$$

donde Q es la cantidad producida, L es el trabajo, K es el capital, β_L y β_K son parámetros de distribución que suman uno y α es un parámetro de escala. El problema de minimización de costos que resuelve la firma para obtener las demandas de L y K puede escribirse como

$$\min C = w_L L + w_K K$$

$$\text{s. a. } Q = \alpha L^{\beta_L} K^{\beta_K}$$

⁴ En el caso de funciones de producción (utilidad) tipo CES el equilibrio inicial brinda información sobre el valor de la pendiente de la recta de isocosto (restricción presupuestaria). Esta información se complementa con la elasticidad de sustitución que brinda información sobre la curvatura de las isocuantas (curvas de indiferencia).

⁵ Como ejemplo de las elasticidades a estimar pueden mencionarse las elasticidades de sustitución entre factores primarios de producción en cada uno de los sectores productivos contemplados en el modelo.

donde C es el costo total de la firma, w_L es la remuneración al factor trabajo y w_K es la remuneración al factor capital. De las condiciones de primer orden de este problema se obtiene que

$$\frac{w_L}{w_K} = \frac{\beta_L K}{\beta_K L}$$

Para facilitar la calibración se eligen unidades para los bienes y factores tales que su precio en el equilibrio inicial sea igual a uno. Esta elección de unidades se encuentra implícita en una SAM. Reordenando la ecuación anterior, haciendo $w_L=w_K=1$ y teniendo en cuenta que $\beta_L+\beta_K=1$ se obtiene que

$$\beta_L = \frac{L}{K + L}$$

$$\beta_K = \frac{K}{K + L}$$

Si Q es el sector X de la SAM presentada en la Tabla 1, los valores del equilibrio inicial necesarios para calibrar esta función de producción son: $X=100$; $L=70$; y $K=30$. El valor de los parámetros de distribución es, en este caso,

$$\beta_L = \frac{70}{30 + 70} = 0.7$$

$$\beta_K = \frac{30}{30 + 70} = 0.3$$

Para calibrar el parámetro de escala α se combina la ecuación de la función de producción con los valores ya calibrados de β_L y β_K de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{Q}{L^{\beta_L} K^{\beta_K}}$$

En el caso del ejemplo el valor de este parámetro es, aproximadamente, 1.84. Las otras formas funcionales mencionadas más arriba se calibran de manera similar aunque con fórmulas algo más engorrosas.

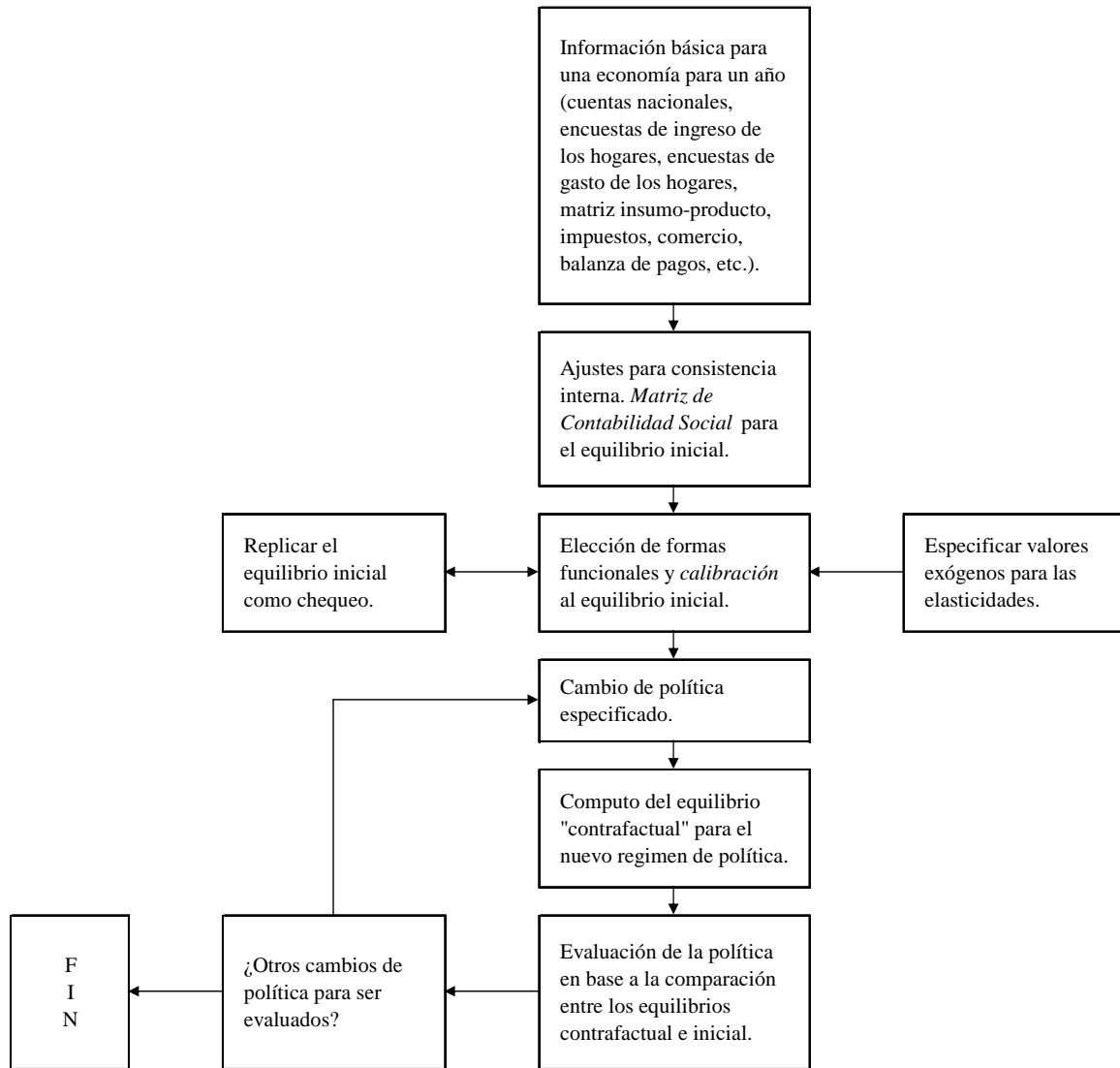
V PASOS PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA CGE

Los pasos “normales” a seguir en un estudio que emplea un modelo de equilibrio general computado son, muy sintéticamente, los siguientes:

1. *Diseño general.* Con base en el problema de política a tratar y en la disponibilidad de datos, se determinan las dimensiones básicas del análisis: número de países, de consumidores, de sectores productivos, de factores, etc.
2. *Diseño de los problemas de elección individuales.* Especificar para cada agente del modelo (familias, empresas, gobierno, etc.) el problema de elección que deberá enfrentar. Como ejemplo puede mencionarse el problema de maximización de utilidad que resuelve cada consumidor del modelo. En este paso deben seleccionarse, también, las formas funcionales a utilizar para modelar, por ejemplo, las tecnologías de producción de las firmas.
3. *Funciones de oferta y demanda.* Se trata de resolver los problemas de elección individuales del modelo con el fin de obtener las ecuaciones de comportamiento que luego se codifican.
4. *Calibración.* Se infiere el valor de los parámetros de las ecuaciones de comportamiento de manera tal que el caso base sea una solución del modelo. En este procedimiento se combinan las ecuaciones de comportamiento con las elecciones de los agentes en el equilibrio inicial.
5. *Programación del modelo.* Codificar el sistema de ecuaciones no lineales que representa el modelo. Un software ampliamente utilizado para solucionar este tipo de modelos es el GAMS (General Algebraic Modeling System) documentado en Brooke et al. (1996).
6. *Replicar el caso base.* Debido a que los parámetros del modelo fueron obtenidos mediante un proceso de calibración, si se asignan los valores del equilibrio inicial a las variables exógenas, el modelo debería replicar el equilibrio inicial como solución. Este paso es útil para confirmar la correcta codificación del modelo.
7. *Realizar simulaciones.* Con el modelo calibrado se modifica el valor de alguna variable exógena y se recalcula el equilibrio para luego analizar los resultados a partir de la comparación con el caso base.

La figura siguiente, tomada de Shoven y Whalley (1984), es un diagrama de flujo que resume el contenido de esta sección.

Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología del equilibrio general computado



VI UN EJEMPLO

VI.1 LA MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL

En esta sección se presenta, a modo de ejemplo, un modelo de CGE de una economía ficticia que comercia con el resto del mundo. Se supone que la economía es pequeña por lo que toma

como dados los precios internacionales. El sector externo de la economía se modela siguiendo la formulación, ampliamente utilizada, de De Melo y Robinson (1989). La economía del ejemplo está compuesta por dos sectores (X y Y), dos factores (L y K) y un consumidor representativo (RA). La tabla siguiente muestra la SAM que se utiliza en el ejemplo. Los gastos de una cuenta se leen en su columna. Los ingresos de una cuenta se leen en su fila.

Tabla 2: Matriz de Contabilidad Social

		X	Y	L	K	RA	ROW	TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7
X	1	10	30			80	20	140
Y	2	30	10			80	20	140
L	3	60	20					80
K	4	20	60					80
RA	5			80	80			160
ROW	6	20	20					40
TOTAL	7	140	140	80	80	160	40	

La SAM capta el proceso circular de la demanda, que lleva a la oferta, que lleva al ingreso, que lleva nuevamente a la demanda. A partir de esta SAM pueden realizarse los siguientes comentarios:

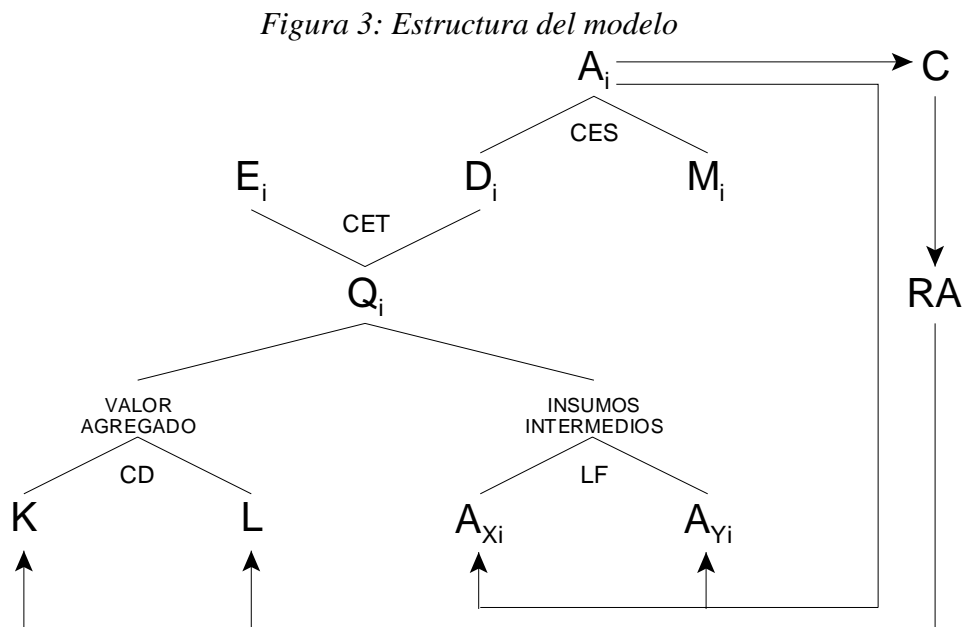
- A diferencia de la SAM presentada más arriba, en este caso aparece una cuenta que capta las transacciones que realiza la economía con el resto del mundo.
- La suma de las columnas y de las filas correspondientes es igual. Esto significa que la SAM está balanceada por lo que se cumplen las condiciones del equilibrio general mencionadas más arriba.
- El sector productivo X (Y) aparece como relativamente más intensivo en la utilización de trabajo (capital).
- Las variedades doméstica e importada de un mismo bien son combinadas en un bien agregado que es utilizado como insumo intermedio por los sectores productivos y consumido por el agente representativo. La composición de uno de estos bienes agregados se observa, por ejemplo, de la siguiente manera: la celda [7,1] muestra que la oferta total

de X es 140 y la celda [6,1] que 20 unidades de X son importadas. En consecuencia, la producción doméstica de X es 120. La diferenciación de productos según el país de origen se denomina supuesto de Armington (1969).

- Cada uno de los sectores productivos puede vender al mercado doméstico o exportar al resto del mundo. La celda [1,6] muestra que 20 unidades de X son exportadas al resto del mundo.
- El sector externo de la economía está equilibrado ya que las exportaciones totales suman 40 al tiempo que las importaciones totales también suman 40.

VI.2 ESTRUCTURA DEL MODELO

La figura siguiente muestra la estructura del modelo al mismo tiempo que indica las formas funcionales utilizadas para modelar el comportamiento de los agentes económicos: CES es Elasticidad de Sustitución Constante; CET es Elasticidad de Transformación Constante; CD es Cobb-Douglas; y LF es Leontief.



Cada sector productivo (Q_i) utiliza trabajo (L), capital (K) e insumos intermedios (A_{ji}). Por el lado de la demanda (intermedia y final), se supone que los bienes se distinguen según cuál sea el país de origen (Armington, 1969). Es decir, desde el punto de vista de la demanda, cada uno de los bienes A_i es un bien compuesto formado por las variedades doméstica (D_i) e

importada (M_i) del mismo bien. Cada uno de los sectores productivos puede vender sus productos en el mercado doméstico (D_i) o exportarlos al resto del mundo (E_i). Hay un agente representativo (RA) dueño de toda la dotación factorial de la economía que se supone fija. Este RA demanda bienes para consumo privado (C). Los factores de producción son perfectamente móviles entre sectores. Se supone que existe pleno empleo de los factores primarios de producción.

El modelo explica todas las transacciones registradas en la SAM por lo que sigue la desagregación de bienes, factores y consumidores de la SAM. El modelo se escribe como un conjunto de ecuaciones simultaneas muchas de las cuales son no lineales. No hay una función objetivo. Las ecuaciones del modelo pueden agruparse en dos. El primer grupo contiene las ecuaciones de comportamiento. El segundo grupo contiene las ecuaciones de balance entre las que están las condiciones de equilibrio en los mercados.

VI.3 ECUACIONES DEL MODELO

En este apartado se presentan las ecuaciones del modelo de CGE que se utiliza para ilustrar el funcionamiento de la metodología. En las notas al pie de página se muestra la formulación algebraica de las formas funcionales elegidas para modelar las preferencias del agente representativo y las funciones de producción de las firmas. La estructura del modelo y las formas funcionales utilizadas en este ejemplo son estándar en la literatura que emplea este tipo de modelos.

VI.3.a LADO DE LA PRODUCCION

El sector productivo Q_i produce dos variedades distintas del mismo bien: una para vender en el mercado doméstico (D_i) y otra para exportar al resto del mundo (E_i). Para modelar esta posibilidad se utiliza una función con Elasticidad de Transformación Constante (CET)⁶. Cada

⁶ Algebraicamente, la función de transformación tipo CET puede escribirse como

$$CET(D_i, E_i) = \phi_i \left(\delta_i^D D_i^{\frac{1+\eta}{\eta}} + \delta_i^E E_i^{\frac{1+\eta}{\eta}} \right)^{\frac{\eta}{1+\eta}}$$

donde ϕ es un parámetro de escala, δ es un parámetro de distribución y η es la elasticidad de transformación.

uno de los sectores productivos emplea trabajo (L_i), capital (K_i) e insumos intermedios (A_{ji}). La función de producción del sector i puede escribirse como

$$Q_i = g(D_i, E_i) = f(L_i, K_i, A_{ji})$$

donde g es la función de transformación y f es la función de producción que convierte insumos en producto. La función de transformación es

$$g(D_i, E_i) = CET(D_i, E_i)$$

La función de producción combina valor agregado e insumos intermedios mediante una función tipo Leontief (LF) o de coeficientes fijos. El trabajo y el capital se combinan mediante una función tipo Cobb-Douglas (CD)⁷ para producir el valor agregado. La función de producción es, entonces,

$$f = (L_i, K_i, A_{ji}) = LF[CD(L_i, K_i), A_{xi}, A_{yi}]$$

El insumo intermedio j utilizado en el sector i (A_{ji}) es un bien agregado, compuesto por las variedades doméstica (D_j) e importada (M_j) del bien j , cuya producción se modela mediante una función con Elasticidad de Sustitución Constante (CES)⁸ por lo que los productores consideran a estas variedades como sustitutos imperfectos:

$$A_j = CES(D_j, M_j)$$

El caso de bienes homogéneos es un caso particular de esta especificación que se obtiene cuando la elasticidad de sustitución entre las variedades doméstica e importada es igual a

⁷ Algebraicamente, la función de producción de valor agregado tipo Cobb-Douglas puede escribirse como

$$CD(L_i, K_i) = \psi_i L_i^{\alpha_i^L} K_i^{\alpha_i^K}$$

donde ψ es un parámetro de escala y α es un parámetro de distribución.

⁸ Algebraicamente, la función CES puede escribirse como

$$CES(D_j, M_j) = \beta_j \left(\theta_j^D D_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \theta_j^M M_j^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$$

donde β es un parámetro de escala, θ es un parámetro de distribución y σ es la elasticidad de sustitución entre la variedad doméstica e importada del bien.

infinito. El mismo agregado de bien doméstico e importado es demandado por el agente representativo para consumo final.

VI.3.b LADO DEL CONSUMO

El agente representativo demanda bienes domésticos e importados combinados en un agregado Armington. La función de utilidad del agente representativo es de tipo Cobb-Douglas:

$$C = CD(A_i)$$

donde C es la utilidad que el agente representativo deriva de consumir los bienes A_i . Este índice de utilidad C se emplea en cada ejercicio de simulación para calcular el cambio en el bienestar mediante la variación equivalente⁹.

VI.3.c CONDICIONES DE EQUILIBRIO

El equilibrio del modelo se caracteriza por las siguientes condiciones: los precios de los factores y los bienes producidos domésticamente son determinados endógenamente; en todos los mercados la oferta se iguala con la demanda; los beneficios de cada sector productivo son nulos lo que significa que el costo de producción se iguala con el valor del producto; el agente representativo cumple con su restricción presupuestaria lo que significa que su gasto se iguala con su ingreso; y el sector externo de la economía también se encuentra equilibrado lo que significa, en este ejemplo, que las exportaciones valuadas a precios internacionales son iguales a las importaciones también valuadas a precios internacionales.

VI.4 EJERCICIO DE SIMULACION

Con el modelo calibrado puede simularse, por ejemplo, un aumento del precio internacional del bien Y. Luego se computan soluciones para distintos valores de la elasticidad de

⁹ La Variación Equivalente (EV) se define como

$$EV = \left(\frac{C_1}{C_0} - 1 \right) 100$$

donde C_1 es la utilidad en el contrafactual y C_0 es la utilidad en el equilibrio inicial.

sustitución entre bienes domésticos e importados (σ) y de la elasticidad de transformación entre ventas al mercado doméstico y exportaciones al resto del mundo (η). De esta manera se efectúa un análisis de sensibilidad de los resultados con respecto al valor de estas elasticidades. La Tabla 4 muestra los resultados para algunas de las variables del modelo.

Tabla 4: Resultados del ejemplo

	CASO	$\eta = 1$ $\sigma = 2$	$\eta = 1$ $\sigma = 4$	$\eta = 2$ $\sigma = 2$	$\eta = 2$ $\sigma = 4$
Producción X	120.0	116.0	112.0	116.1	112.4
Producción Y	120.0	123.9	127.7	123.8	127.3
Exportación X	20.0	18.4	17.3	17.9	16.6
Exportación Y	20.0	19.6	19.5	19.0	18.2
Importación X	20.0	22.1	26.9	21.5	25.5
Importación Y	20.0	10.6	6.6	10.3	6.2
Bienestar RA	100.0	95.7	96.5	95.7	96.6

A través de la comparación de los resultados con el equilibrio inicial se obtienen los siguientes resultados:

- Cuando aumenta la elasticidad de sustitución (Armington) entre bienes domésticos e importados, aumenta el cambio en el consumo de bienes importados ya que se vuelven mejores sustitutos de los bienes domésticos. Cuando σ es igual a 2 las importaciones de Y caen 47%. Cuando σ es igual a 4 las importaciones caen 67%.
- El bienestar económico agregado de la economía disminuye. Para medir el bienestar económico agregado se emplea la variación equivalente.
- Las cantidades producidas de Y aumentan debido a que se están sustituyendo importaciones. Al mismo tiempo, debido a la restricción de recursos de la economía, las cantidades producidas de X disminuyen.
- El precio doméstico de cada uno de los bienes que enfrenta el agente representativo es un promedio ponderado del precio de las variedades doméstica e importada. Luego del shock aumenta 15% el precio del agregado Armington del bien Y.

El ejemplo presentado permite ilustrar el tipo de resultados que pueden obtenerse con un modelo de CGE.

VII CONSIDERACIONES FINALES

La principal ventaja de la aplicación de la metodología del equilibrio general computado radica en que se modela toda la economía por lo que se captan tanto los efectos directos como indirectos de un cambio de política. En un análisis de equilibrio parcial, en cambio, sólo se analiza la situación de un mercado en particular suponiendo constantes las condiciones en el resto de los mercados de la economía. Por tratarse de modelos que se resuelven numéricamente pueden ser de dimensiones importantes incluyendo, por ejemplo, varios sectores productivos. Para la construcción de un modelo de equilibrio general computado resulta de vital importancia la disponibilidad de la matriz de contabilidad social del país bajo estudio. La construcción de la SAM requiere la disponibilidad de la matriz insumo-producto del país es cuestión además de información proveniente de otras fuentes como, por ejemplo, encuestas de gastos. Otro aspecto de singular importancia para la construcción de un modelo de CGE es su calibración. La metodología usual consiste en el empleo de la SAM para obtener los valores de los parámetros del modelo: El trabajo finaliza con un ejemplo que busca mostrar el tipo de análisis que puede realizarse con la metodología del equilibrio general computado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Armington, Paul S. (1969). A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *International Monetary Fund Staff Papers* 16: 159-178.

Arrow, K. J. and Debreu, G. (1954). Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy. *Econometrica* 22: 265-290.

Ballard, Charles L.; Fullerton, Don; Shoven, John B. and Whalley John (1985). *A General Equilibrium Model for Tax Policy Evaluation*. The University of Chicago Press.

Brooke, A.; Kendrick, D. and Meeraus, A. (1996). *GAMS Release 2.25: A user's guide*. GAMS Development Corporation.

Dervis, Kemal; de Melo, Jaime and Robinson, Sherman (1982). *General Equilibrium for Development Policy*. Cambridge: Cambridge University Press.

Harberger, A. C. (1962). The Incidence of the Corporation Income Tax. *Journal of Political Economy* 70: 215-240.

Hertel, Thomas W. (ed.) (1997). *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kehoe, T. J. (1996). Social Accounting Matrices and Applied General Equilibrium Models. *Federal Reserve Bank of Minneapolis Working Paper* 563

Mansur, A. H. and Whalley, J. (1984). Numerical Specification of Applied General Equilibrium Models: Estimation, Calibration and Data. In Scarf, H. E. and Shoven, J. B. (eds.). *Applied General equilibrium Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.

Melo de, Jaime and Robinson, Sherman (1989). Product Differentiation and The Treatment of Foreign Trade in Computable General Equilibrium Models of Small Economies. *Journal of International Economics* 27: 47-67.

Melo, de Jaime and Tarr, David (1992). *A General Equilibrium Analysis of US Foreign Trade Policy*. The MIT Press.

Piggot, John and Whalley, John (1985). UK Tax Policy and Applied General Equilibrium Analysis. Cambridge: Cambridge University Press.

Round, Jeffery (2003). Constructing SAMs for Development Policy Analysis: Lessons Learned and Challenges Ahead. *Department of Economics University of Warwick*.

Rutherford, Thomas F. (1999). Applied General Equilibrium Modeling with MPSGE as a GAMS Subsystem: An Overview of the Modeling Framework and Syntax. *Computational Economics* 14: 1-46.

Scarf, Herbert (1969). An Example of an Algorithm for Calculating General Equilibrium Prices. *American Economic Review* 59: 669-677.

Shoven, John B. and Whalley John (1972). A General Equilibrium Calculation of the Effects of Differential Taxation of Income from Capital in the U. S. *Journal of Public Economics* 1: 281-321.

Shoven, John B. and Whalley, John (1984). Applied General-Equilibrium Models of Taxation and International Trade: An Introduction and Survey. *Journal of Economic Literature* 22: 1007-1051.

Shoven, John B. and Whalley, John (1992). *Applying General Equilibrium*. Cambridge: Cambridge University Press.

St-Hilaire, France and Whalley, John (1983). A Microconsistent Equilibrium Data Set for Canada for Use in Tax Policy Analysis. *Review of Income and Wealth* 29: 175-204.