

1. MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL COMPUTABLE*

SHERMAN ROBINSON**
ANTONIO YÚNEZ-NAUDE
RAÚL HINOJOSA-OJEDA

INTRODUCCIÓN

En este capítulo presentamos la estructura básica de los modelos multisectoriales de equilibrio general aplicado o computable (MEGA) que hemos usado en los estudios por país.¹

El MEGA proporciona una simulación de laboratorio empírica y versátil para analizar cuantitativamente los efectos de las políticas económicas, tales como la liberalización comercial y los impactos exógenos del país sujeto de estudio.

En la siguiente sección de este capítulo presentaremos la matriz de contabilidad social (MCS), la cual proporciona el marco conceptual que enlaza a los diferentes componentes del modelo y proporciona también gran parte de los datos requeridos en el análisis. En la última sección explicaremos las ecuaciones del MEGA base.²

* El capítulo se basa en Devarajan, S., J. D. Lewis y R. Robinson, *Getting the model Right: The General Equilibrium Approach to Adjustment Policy*, borrador, enero de 1994, capítulo 3. Traducción parcial de Carolina Alvarado.

** International Food Policy Research Institute, Washington, D. C.

¹ Los análisis para aldea y multipaís que se encuentran en los capítulos 3 y 8 también utilizan MEGAS, sin embargo la estructura de éstos diverge de los aplicados a las economías de Centroamérica y el Caribe.

² La presentación se inspira en el modelo MEGA que usa el programa o software GAMS (General Algebraic Modeling System), que se basa en un modelo estadounidense descrito con detalle en Robinson, Kilkenny y Hanson (1990). GAMS es el programa usado en todos los estudios del libro.

LA MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL Y LOS MODELOS MEGA

La presentación de una MCS agregada para una economía constituye una forma conveniente de preparar el escenario para discutir las ecuaciones del modelo base. Una MCS es la síntesis de dos ideas bien conocidas en economía. La primera se deriva del cuadro insumo-producto y describe el sistema de vínculos interindustriales en la economía. La compra de un insumo intermedio por parte de un sector representa la venta del mismo insumo por parte de otro sector. Mientras que dicha transacción se registra como una celda simple en el cuadro insumo-producto, aparece en las cuentas de los dos sectores al usar el sistema tradicional de partida doble. La MCS generaliza la idea insumo-producto de que una compra de un sector es la venta de otro sector para incluir *todas* las transacciones en la economía, no sólo los flujos interindustriales.

Cualquier flujo de dinero de, digamos, un hogar hacia un sector productivo (que representa la compra que hace un hogar del producto de ese sector), o de un hogar hacia el gobierno (que representa el pago de impuestos) se registra en la MCS como un gasto *por parte de* algún actor (la columna) *hacia* algún otro actor (el renglón).

La segunda idea incluida en la MCS, derivada de la contabilidad del ingreso nacional, es que el ingreso siempre es igual al gasto. Mientras que esto es cierto para la economía como conjunto, la MCS requiere de un balance en las cuentas para cada factor de la economía. Por ejemplo, el ingreso por las ventas en el sector agrícola debe ser igual a su gasto total en productos intermedios, trabajo, importaciones y servicios de capital. Tradicionalmente, lo anterior se captura en el sistema de contabilidad de partida doble, con la condición de que los dos lados de la cuenta sean iguales. En la MCS los ingresos aparecen en los renglones y los gastos en las columnas; así, la restricción presupuestal requiere que la suma del renglón (ingreso) sea igual a la suma de la columna (gasto).

La MCS también distingue entre "actividades" y "mercancías", logrando dos efectos diferentes. En primer lugar, permite más de un solo tipo de actividad para producir la misma mercancía, considerando así tecnologías diferentes de producción. Por ejemplo, los agricultores de pequeña y gran escala pueden producir el mismo cultivo (una única "mercancía"), pero con diferentes intensidades de factores (dos o más "actividades"). En segundo lugar, este

tratamiento resuelve problemas difíciles que surgen al tener que manejar importaciones. Si éstas son, de algún modo competitivas con los bienes de producción doméstica (lo que generalmente ocurre), entonces la demanda doméstica estará formada por los dos tipos de bienes. Sin embargo sólo los bienes domésticos se exportan. Podemos capturar esta diferencia separando las cuentas de actividades (o la *producción* doméstica de bienes) de las cuentas de mercancías (la *demand*a doméstica de bienes).

Leyendo primero el *renglón de actividades* en la MCS esquemática de la figura 1, observamos que el ingreso total se deriva de las ventas domésticas a la cuenta de mercancías y a las exportaciones (ventas al resto del mundo). La *columna de actividades* contiene todos los gastos erogados en el proceso de producción: insumos intermedios, factores, valor agregado e impuestos indirectos. La suma de estos gastos en insumos debe ser igual a las ventas brutas de los productos. La cuenta de mercancías puede visualizarse como un supermercado que tiene tanto bienes domésticos como extranjeros. La *columna de mercancías* muestra las compras de productos domésticos de la cuenta de actividades y las compras de importaciones del resto del mundo; ésta también paga aranceles de importación al gobierno (a pesar de que la incidencia recae sobre los consumidores, ya que los precios del mercado son más altos debido al monto de los aranceles). El *renglón de mercancías* muestra cómo la oferta total de mercancías es demandada por los compradores domésticos, incluyendo los de insumos intermedios, el consumo de hogares y del gobierno y los bienes de inversión.

En la *cuenta para factores*, el valor agregado recibido por los factores de producción se distribuye a los hogares (mediante la matriz de asignaciones).³ La *cuenta para hogares* muestra que éstos a su vez dividen dicho ingreso, así como las transferencias provenientes del gobierno, entre el consumo privado de bienes, el impuesto sobre la renta y el ahorro privado. De manera similar, en la *cuenta para el gobierno*, éste recibe ingresos a partir de los impuestos (incluyendo aranceles, impuestos indirectos e impuestos sobre la renta) y los gasta en consumo, transferencias a los hogares y ahorro. Los últimos dos renglones y columnas contienen las iden-

³ En muchos modelos, incluyendo el estadounidense descrito en Robinson, Kilkenny y Hanson (1990), hay una cuenta de "empresa" separada, que recibe ingreso de capital, paga impuestos corporativos, ahorra (ganancias retenidas) y distribuye los dividendos y utilidades.

Figural
Esquema de una matriz de contabilidad social (MCS)

<i>Ingresos</i>	<i>Gastos</i>						
	<i>Actividades</i>	<i>Mercancías</i>	<i>Factores</i>	<i>Hogares</i>	<i>Gobierno</i>	<i>Capital</i>	<i>Resto del mundo</i>
<i>Actividades</i>		Ventas domésticas					Exportaciones
<i>Mercancías</i>	Insumos intermedios			Consumo privado	Consumo gubernamental	Inversión	
<i>Factores</i>	Valor agregado						
<i>Hogares</i>			Matriz de asignaciones		Transferencias del gobierno		
<i>Gobierno</i>	Impuestos indirectos	Impuestos a la importación		Impuestos al ingreso			
<i>Capital</i>				Ahorro privado	Ahorros del gobierno		Ahorro del exterior
<i>Resto del mundo</i>		Importaciones					

tidades familiares de las cuentas nacionales. La *cuenta de capital* refleja la igualdad entre ahorro (el renglón, que consta de componentes privados, gubernamentales y extranjeros) e inversión (la columna). La *cuenta para el resto del mundo* representa la igualdad entre gastos en divisas (importaciones) y ganancias en divisas extranjeras (exportaciones más ahorro externo).

Las diferentes cuentas de la MCS delimitan los límites de un modelo multisectorial. La especificación de un modelo "completo" requiere que las relaciones de mercado, de comportamiento y de sistema incluidas en cada cuenta de la MCS sean descritas en el modelo. Las cuentas para *actividades, mercancías y factores* requieren todas ellas la especificación del comportamiento del mercado (oferta, demanda y condiciones para el vaciado de los mercados). Las cuentas para *hogares y gobierno* incluyen las restricciones presupuestales de las familias y del sector público (ingreso igual a gasto). Finalmente, las cuentas para *capital y resto del mundo* representan los requerimientos macroeconómicos para el balance interno (ahorro igual a inversión) y externo (exportaciones más entradas de capital igual a importaciones).

ECUACIONES DEL MODELO BASE MEGA

La MCS expuesta en la sección anterior proporciona una descripción esquemática del flujo circular del ingreso en la economía: desde actividades y mercancías a factores de producción, hasta la llegada a instituciones y de vuelta a actividades y mercancías. La presentación de las ecuaciones del modelo base MEGA sigue el mismo patrón de generación de ingreso. Primero presentamos ecuaciones que definen el sistema de precios, seguidas por ecuaciones que describen la generación de la producción y del valor agregado. A continuación se presentan ecuaciones que describen el mapeo del valor agregado hacia el ingreso institucional o de los hogares. El flujo circular se completa entonces mediante ecuaciones que muestran el balance entre la oferta y la demanda de bienes por parte de los varios actores del sistema económico. Finalmente, existe un número de "restricciones del sistema" que la economía modelada debe satisfacer. Éstas incluyen tanto las condiciones de vaciado de los mercados como la selección del "cierre" macroeconómico para el modelo.

En la exposición de las ecuaciones del MEGA base que sigue se usan consistentemente algunas convenciones de notación. Las variables endógenas se presentan en mayúsculas, mientras que los parámetros y las variables exógenas se encuentran siempre en minúsculas o en alfabeto griego. Los índices aparecen como subíndices en minúsculas, y consisten en sectores (i y j), factores primarios de producción (f) y hogares (h , que contiene dos elementos, cap y $trab$ para distinguir a los hogares de capitalistas de los de trabajadores). En algunas ecuaciones, un índice se sustituye con una entrada específica del conjunto.

Ecuaciones de precios

El cuadro 1 presenta las ecuaciones que definen los precios en el modelo. Por el lado de las importaciones, el modelo incorpora la suposición de "país pequeño", por lo que los precios mundiales (pw^m) son exógenos. Por el lado de las exportaciones, para algunos sectores se supone una curva de demanda mundial de pendiente negativa, de manera que el precio mundial (PW^e) es endógeno; para otros sectores, la suposición de país pequeño se conserva, de manera que los precios mundiales son exógenos. En las ecuaciones (1) y (2), el precio doméstico de las importaciones (P^m) y de las exportaciones (P^e) es el precio mundial, que incluye el arancel o el subsidio a las exportaciones, multiplicado por el tipo de cambio (R).

Las ecuaciones (3) y (4) describen los precios de las mercancías compuestas Q y X (P^q y P^x , respectivamente). Q representa el agregado *CES* de las importaciones sectoriales (M) y de los bienes domésticos ofrecidos al mercado doméstico (D). X representa la producción sectorial total, que es un agregado *CET* de bienes ofrecidos al mercado de exportación (E) y bienes vendidos en el mercado doméstico (D).⁴

La ecuación (5) define el precio sectorial del valor agregado, o precio "neto" (P^v), que es el precio del producto menos los impuestos indirectos unitarios (t^x) y el costo unitario de los insumos intermedios (basado en los coeficientes fijos de insumo-producto,

⁴ Las siglas de las funciones corresponden al inglés: *CES* es una función de producción con elasticidades de sustitución constantes. *CET* es una función con elasticidades de transformación constantes.

CUADRO 1
Ecuaciones de precios

$$P_i^m = pw_i^m (1+t_i^m)R \quad (1)$$

$$P_i^e = PW_i^e (1+t_i^e)R \quad (2)$$

$$P_i^q = \frac{P_i^d \cdot D + P_i^m \cdot M}{Q} \quad (3)$$

$$P_i^x = \frac{P_i^d \cdot D + P_i^e \cdot E}{X} \quad (4)$$

$$P_i^v = P_i^x (1-t_i^x) - \sum_j P_j^q \cdot a_{ji} \quad (5)$$

$$P_i^k = \sum_j P_j^q \cdot b_{ji} \quad (6)$$

$$PINDEX = \frac{GDPVA}{RGDP} \quad (7)$$

a_{ji}). El producto $P^v \cdot X$ es igual al valor agregado sectorial a precio de factor, el cual aparece como un pago por parte de la cuenta de actividades hacia la cuenta de los factores primarios de producción en la MCS de la figura 1.

La ecuación (6) da el precio (P^k) de una unidad de capital colocada en el sector i . El precio es sectorialmente diferenciado, lo cual refleja el hecho de que el capital utilizado en sectores diferentes es heterogéneo. Por ejemplo, una unidad de capital colocada en el sector agrícola puede tener una composición diferente a la de una unidad colocada en el sector industrial (por ejemplo, más maquinaria y menos edificios en el sector agrícola en comparación con el sector industrial). La composición sectorial de los bienes de capital por sector de origen (esto es, maquinaria, construcción y otros) está contenida en las columnas de la matriz de coeficientes de capital, b_{ji} . Dado que la suma de cada columna de esta matriz es igual a uno, P^k para cada sector es simplemente el promedio ponderado del costo unitario de los bienes de capital requeridos para crear una unidad de capital en cada sector de inversión.

Este MEGA base es estático, en el cual el acervo de capital multisectorial se fija de manera exógena. Dentro de un único periodo, el modelo sí genera ahorro, inversión y demanda de bienes de capital. Sin embargo, se supone que dichos bienes no se instalan durante el periodo, de manera que la inversión simplemente representa una categoría de demanda que no tiene efecto en la oferta del modelo. De esta manera, la heterogeneidad del capital es de importancia limitada en el modelo estático, dado que su único efecto surgirá a consecuencia de su impacto en la estructura sectorial de la demanda final de inversión. En los modelos dinámicos el supuesto de heterogeneidad puede ser muy importante y afectar las propiedades de las distintas sendas de crecimiento.

Por último, la ecuación (7) define un índice de precios agregados (*PINDEX*), el cual se define a su vez como el deflactor del producto interno bruto o PIB (PIB nominal o *GDPVA*, dividido entre el PIB real o *RGDP*). Este índice proporciona el nivel de precios numerario contra el que se medirán los precios relativos del modelo. Es necesaria la selección de un numerario debido a que el modelo MEGA base puede únicamente determinar los precios relativos. El deflactor del PIB representa una selección conveniente para el numerario en un modelo aplicado, dado que en la mayoría de los casos se obtiene fácilmente a partir de los datos de las cuentas nacionales disponibles. Otras selecciones comunes para el numerario incluyen otros índices de precios (tales como el índice de precios del productor o del consumidor) o un precio único (tal como el tipo de cambio o la tasa de salarios).

Ecuaciones de cantidad

El cuadro 2 contiene el bloque de las ecuaciones de cantidad, las cuales describen el lado de la oferta del modelo.

Las formas funcionales seleccionadas deben satisfacer ciertas restricciones de la teoría del equilibrio general. Las ecuaciones (8), (9) y (10) definen la tecnología de producción y la demanda de los factores. La ecuación (11) contiene las funciones de transformación *CET*, que combinan exportaciones y ventas domésticas, y la ecuación (12) muestra las funciones correspondientes de oferta de exportaciones, las cuales dependen de los precios relativos (P^e/P^d). La ecuación (13) nos da la función de demanda de exportaciones

CUADRO 2
 Ecuaciones de cantidades

$$X_i = a_i^D \prod_f FDSC_{if}^{\alpha_{if}} \quad (FDSC_{i1} = \text{acervo de capital}) \quad (8)$$

$$WF_f \cdot wfdist_{if} = P_i^v \cdot \alpha_{if} \frac{X_i}{FDSC_{if}} \quad (9)$$

$$INT_i = \sum_j a_{ij} \cdot X_j \quad (10)$$

$$X_i = a_i^T \left[\gamma_i E_i^{p_i^T} + (1 - \gamma_i) D_i^{p_i^T} \right]^{\frac{1}{p_i^T - 1}} \quad (11)$$

$$E_i = D_i \left[\frac{P_i^e (1 - \gamma_i)}{P_i^d \cdot \gamma_i} \right]^{1/p_i^T} \quad (12)$$

$$E_i = econ_i \left[\frac{PW_i^e}{pwse_i} \right]^{-\eta_i} \quad (13)$$

$$Q_i = a_i^c \left[\delta_i M_i^{-p_i^c} + (1 - \delta_i) D_i^{-p_i^c} \right]^{-1/p_i^c} \quad (14)$$

$$M_i = D_i \left[\frac{P_i^d \cdot \delta_i}{P_i^m (1 - \delta_i)} \right]^{-\frac{1}{p_i^c}} \quad (15)$$

mundiales para sectores en los que se supone que la economía tiene algún poder de mercado (y por lo tanto su curva de demanda adopta una pendiente negativa). Las ecuaciones (14) y (15) nos dan las funciones de agregación CES, que describen cómo son demandados los productos domésticos y las importaciones, así como las funciones correspondientes de demanda de importaciones, las cuales dependen de los precios relativos (P^d/P^m).

La función de producción es anidada. En el nivel más alto, la producción es una función de coeficientes fijos de insumos intermedios y de valor agregado real. El valor agregado real es una función de capital y trabajo Cobb-Douglas. El insumo de capital es

un agregado de coeficientes fijos de bienes de capital, pero sólo el agregado se muestra en la función de producción para el producto sectorial (X) de la ecuación (8). Los insumos intermedios (INT) son requeridos de acuerdo con los coeficientes fijos insumo-producto (a_{ij}), [ecuación (10)], y cada insumo intermedio es un agregado CES de bienes domésticos e importados.

En estas ecuaciones, las especificaciones de tecnología de producción y demandas de factores incluyen una útil simplificación que se usa frecuentemente en los modelos MEGA. Para estar completa, la función de producción [ecuación (8)] debe incluir *todos* los insumos como argumentos: capital, trabajo e insumos intermedios. Las condiciones de demanda para factores en la ecuación (9) se escribirían entonces de la siguiente manera (dejando a un lado los subíndices sectoriales):

$$\begin{aligned} \text{Precio para factores} &= \text{Ingreso marginal del producto} \\ &= (1 - t^x) * P^x * \frac{\partial X}{\partial F} \end{aligned}$$

donde F es el conjunto completo de insumos para factores. El anidamiento descrito anteriormente se tomaría en cuenta al usar la regla de la cadena. En la ecuación (8) especificamos, en cambio, la función de producción sólo como una función de los factores *primarios*, definidos como capital y trabajo. Las demandas de insumos intermedios se dan en la ecuación (10), mientras que la ecuación (9) muestra la demanda de factores primarios en la siguiente forma (de nuevo, dejando a un lado los subíndices sectoriales):

$$\text{Precios de los factores} = P^v \cdot \frac{\partial X}{\partial FDSC}$$

donde $FDSC$ se refiere ahora únicamente a los factores primarios, y P^v es el precio de valor agregado [ecuación (5)], el cual se define neto a partir de los impuestos indirectos y de los costos de insumos intermedios. Este tratamiento es equivalente a escribir el conjunto completo de funciones anidadas y sus derivadas correspondientes. El enfoque utilizado aquí es más simple y se ha vuelto tradicional en muchos modelos MEGA.⁵

⁵ Este enfoque fue adoptado por Johansen (1960) en el primer modelo MEGA. Desde luego son posibles muchas otras relaciones anidadas y se han utilizado

En las ecuaciones de demanda de factores se asume que los factores primarios (capital y trabajo) se pagan de igual manera, con una renta *media* o salario (WF_j), independientemente del sector. Para capturar el hecho de que en los países en desarrollo las tasas de salarios y las utilidades al capital frecuentemente difieren de sector a sector, el modelo permite distorsiones en los mercados para factores. Lo anterior se representa mediante un parámetro sector-específico ($wfdist_{ij}$) para cada factor, que mide el grado en que el ingreso marginal del producto del factor sectorial se desvía del rendimiento medio de toda la economía. Si no existen distorsiones en un mercado para factores particular, este parámetro es igual a uno para todos los sectores.

El tratamiento de las exportaciones e importaciones sectoriales es el siguiente: en la ecuación (11) la producción doméstica total (X) se ofrece a los mercados domésticos (D) y extranjero (E). Estos tres "bienes" (X , D y E) son distintos, con sus propios precios, a pesar de que tienen la misma clasificación sectorial. Las importaciones (M) y los bienes domésticos (D) también son distintos de su compuesto (Q), con precios sectoriales separados. El modelo permite un intercambio en dos sentidos (esto es, exportaciones e importaciones simultáneas) en el nivel sectorial, reflejando así, de nuevo, las realidades empíricas de las economías en desarrollo.⁶

Una implicación de este tratamiento de las exportaciones e importaciones es el aislamiento parcial del sistema doméstico de precios respecto a los cambios en los precios mundiales de los sustitutos sectoriales. Por medio de la selección de las elasticidades de sustitución, las funciones *CET* y *CES* proporcionan un continuo de comercialización en el nivel de sector. Este tratamiento es empíricamente más realista que la dicotomía extrema entre bienes comerciables (en donde los productos domésticos y extranjeros son sustitutos perfectos) y bienes no comerciables, la cual se encuentra comúnmente en los modelos analíticos de comercio. También permite una especificación más completa de la demanda de importación que los dos extremos de importaciones perfectamente

bastantes en los modelos MEGA, incluyendo algunas que eliminan la combinación de coeficientes fijos de insumos intermedios y de valor agregado.

⁶ Nótese que para los sectores sin importaciones o sin exportaciones, las funciones *CES* y *CET* en las ecuaciones (11) o (14) respectivamente, no son necesarias.

competitivas y no competitivas. Aunque flexibles, las formas funcionales particulares adoptadas aquí (*CES* y *CET*) sí incluyen supuestos fuertes acerca de la separabilidad y la ausencia de efectos ingreso. La relación entre exportaciones e importaciones y ventas domésticas (*E/D* y *M/D*) en el nivel sectorial depende únicamente de los precios relativos, y la demanda de insumos factoriales en la producción no depende de la participación de las exportaciones.⁷

Ecuaciones de ingreso

El cuadro 3 presenta las ecuaciones que mapean el flujo de ingreso de valor agregado hacia las instituciones y, en última instancia, hacia los hogares. Estas ecuaciones llenan las entradas interinstitucionales en la MCS. Muchas de las entradas en esta parte de la MCS (y los flujos de ingreso y gasto que representan) serán específicas en la estructura de una economía particular. La distinción entre parámetros y variables también se vuelve importante: muchos de estos elementos, a pesar de ser plausiblemente variables, habrán de establecerse de manera exógena o se determinarán por simples relaciones de participación o de multiplicación, en lugar de hacerse mediante representaciones de comportamiento complejas.

La ecuación (16) define los ingresos de los factores, los cuales a su vez son distribuidos entre los hogares de capitalistas y de trabajadores en las ecuaciones (17) y (18).⁸

Las ecuaciones (19), (20) y (21) determinan los ingresos del gobierno por aranceles (*TARIFF*), por impuestos indirectos (*INDTAX*) y por impuestos sobre la renta (*HHTAX*). La ecuación (22) resume los subsidios a la exportación por sector (*EXPSUB*),

⁷ Es posible debilitar estas suposiciones fuertes sin perder la propiedad fundamental de que los bienes domésticos y los extranjeros son sustitutos imperfectos.

⁸ La ecuación deduce la depreciación (*DEPREC*) al ingreso de los hogares capitalistas. Los dos hogares mostrados aquí son únicamente indicativos de los esquemas de mapeo que pueden usarse para moverse de los ingresos para factores hacia hogares en los modelos MEGA. En las aplicaciones, la selección del mapeo se determina por el enfoque del modelo (esto es, los modelos relacionados con la distribución del ingreso tendrán mapeos más elaborados) o por la disponibilidad de los datos en los patrones de gasto de los hogares (el hecho de añadir hogares adicionales, todos con el mismo patrón de consumo y ahorro, no mejorará la riqueza del modelo).

CUADRO 3
Ecuaciones de ingreso

$$Y_f^F = \sum_i W F_f \cdot FDSC_{if} \cdot wfdist_{if} \quad (16)$$

$$Y_{cap \in h}^H = Y_1^F - DEPREC \quad (Y_1^F = \text{ingreso del factor capital}) \quad (17)$$

$$Y_{trab \in h}^H = \sum_{f \neq 1} Y_f^F \quad (18)$$

$$TARIFF = \sum_i p w_i^m \cdot M_i \cdot t_i^m \cdot R \quad (19)$$

$$INDTAX = \sum_i P_i^x \cdot X_i \cdot t_i^x \quad (20)$$

$$HHTAX = \sum_h Y_h^H \cdot t_h^h \quad (h = \text{capital, trabajo}) \quad (21)$$

$$EXPSUB = \sum_i P W_i^e \cdot E_i \cdot t_i^e \cdot R \quad (22)$$

$$GR = TARIFF + INDTAX + HHTAX - EXPSUB \quad (23)$$

$$DEPREC = \sum_i depr^i \cdot P_i^k \cdot FDSC_{i1} \quad (FDSC_{i1} = \text{acervo de capital}) \quad (24)$$

$$HHS AV = \sum_h Y_h^H \cdot (1 - t_h^H) \cdot mps_h \quad (25)$$

$$GOV SAV = GR - \sum_i P_i^g \cdot GD_i \quad (26)$$

$$SAVING = HHS AV + GOV SAV + DEPREC + FSAV \cdot R \quad (27)$$

mientras que los ingresos gubernamentales (GR) se obtienen como la suma de éstos en la ecuación (23). Los componentes del ahorro incluyen la depreciación financiera ($DEPREC$) en la ecuación (24), el ahorro de los hogares ($HHS AV$) con propensiones al ahorro fijas (mps_h) en la ecuación (25) y el ahorro del gobierno ($GOV SAV$) en la ecuación (26), obtenido como la diferencia entre el ingreso del

gobierno y su consumo. El ahorro total (*SAVING*) en la ecuación (27) incluye estos tres elementos domésticos más el ahorro extranjero en moneda doméstica (*FSAV·R*).

Nótese que estas ecuaciones de ingresos también incluyen tres balances macroeconómicos importantes: el balance ahorro-inversión, el déficit gubernamental y la cuenta corriente. Las empresas y los hogares ahorran proporciones fijas (*depr* y *mps*) de sus ingresos, el ahorro del gobierno lo constituyen el superávit o el déficit presupuestal y el ahorro externo representa la entrada de capital necesaria para equilibrar los pagos internacionales, esto es, el ahorro extranjero neto. Dado que el modelo satisface la ley de Walras, los tres balances macroeconómicos deben satisfacer la identidad:

$$\text{Ahorro privado} + \text{ahorro del gobierno} + \text{ahorro extranjero} = \text{inversión}$$

Quien haga el modelo deberá evitar la especificación de ecuaciones independientes para *cada uno* de estos componentes, ya que sin alguna categoría residual, el modelo resultante no satisfará la ley de Walras y su solución generalmente no será factible. El rango de "cierres" macroeconómicos alternativos se discute más adelante.

Ecuaciones de gasto

El cuadro 4 proporciona las ecuaciones que completan el flujo circular en la economía, determinando la demanda de bienes por parte de los diversos actores. El consumo privado (*CD*) se obtiene en la ecuación (28) sumando las demandas de los hogares determinadas mediante el uso de participaciones de gasto fijas (*bs*) y netas de los impuestos a su ingreso (*t*). En la ecuación (29), la demanda del gobierno (*GD*) por bienes finales se define utilizando participaciones fijas del gasto real agregado en bienes y servicios (*gdtot*). La demanda y los cambios de inventarios (*DST*) se determinan en la ecuación (30) utilizando participaciones fijas de la producción sectorial (*dstr*). La inversión nominal fija agregada (*FXDINV*) se calcula en la ecuación (31) como la inversión total (*INVEST*) menos la acumulación de inventarios. La inversión fija agregada se convierte en inversión sectorial real por sector de destino (*DK*) en la ecuación (32) utilizando participaciones *nominales*

CUADRO 4
 Ecuaciones de gasto

$$P_i^q CD_i = \sum_h [\beta_{ih}^H \cdot Y_h^H \cdot (1 - mps_h) \cdot (1 - t_h^H)] \quad (28)$$

$$GD_i = \beta_i^G \cdot gdtot \quad (29)$$

$$DST_i = dstr_i \cdot X_i \quad (30)$$

$$FXDINV = INVEST - \sum_i P_i^q \cdot DST_i \quad (31)$$

$$P_i^k \cdot DK_i = kshr_i \cdot FXDINV \quad (32)$$

$$ID_i = \sum_j b_{ij} \cdot DK_j \quad (33)$$

$$GDPVA = \sum_i P_i^v \cdot X_i + IND TAX + TARIFF - EXPSUB \quad (34)$$

$$RGDP = \sum_i (CD_i + GD_i + ID_i + DST_i + E_i - pw_i^m \cdot M_i \cdot R) \quad (35)$$

fijas ($kshr$), las cuales suman uno cuando se consideran todos los sectores. La ecuación (33) transforma la inversión por sector de destino en demanda de bienes de capital por sector de origen (ID), utilizando la matriz de composición de capital (b_{ij}).⁹

Las ecuaciones (34) y (35) definen los PIB nominal y real, los cuales se utilizan para calcular el deflactor del PIB especificado como numerario en la ecuación de precio (7). El PIB real ($RGDP$) se define a partir del lado del gasto, con las importaciones valuadas en precios mundiales (el precio mundial multiplicado por el tipo de cambio). En otras palabras, el valor de las importaciones incluido en el PIB *excluye* los aranceles en el año base. El PIB nominal ($GDPVA$) se genera del lado del valor agregado. Recuérdese que los precios de valor agregado (P^v) se calculan después de restar los costos de

⁹ Dada la definición de P^k : $FXDINV = \sum_i P_i^k \cdot DK = \sum_i P_i^q \cdot ID$.

insumos intermedios (valuados en P^q), y que estos precios de insumos intermedios restados valúan las importaciones *incluyendo* los aranceles (puesto que se usa P^m). Así, dado que los aranceles ya han sido *restados* del valor agregado, para que el PIB por el lado del gasto sea comparable con el PIB por el lado del valor agregado, estos aranceles necesitan *ser sumados de nuevo* para el cálculo del PIB nominal. De manera similar, los subsidios a la exportación tienen que ser expresados en cifras netas. El PIB nominal en la ecuación (34) es por tanto la suma del valor agregado nominal, los impuestos indirectos y los aranceles, y no de los subsidios a la exportación.

Condiciones para el vaciado de los mercados y el cierre macroeconómico

El cuadro 5 contiene ecuaciones que definen las restricciones de sistema que el modelo MEGA debe satisfacer. A pesar de que se reconoce que el modelo es de equilibrio general, con todas las variables endógenas determinadas de manera conjunta, es sin embargo útil pensar en relacionar cada una de estas condiciones de equilibrio con una "variable equilibrante". En una economía de mercado competitiva, estas condiciones de equilibrio corresponden a condiciones para que los mercados se "vacíen", con precios que se ajustan para vaciar cada mercado.

La ecuación (36) especifica que la oferta sectorial de mercancías compuestas (Q) debe ser igual a la suma de cada uno de los

CUADRO 5
Condiciones de equilibrio o de vaciado de los mercados
y cierre macroeconómico

$$Q_i = INT_i + CD_i + GD_i + ID_i + DST_i \quad (36)$$

$$\sum_i FDSC_{if} = fs_f \quad (37)$$

$$pw_i^m \cdot M_i = PW_i^e \cdot E_i + FSAV \quad (38)$$

$$SAVING = INVEST \quad (39)$$

componentes de la demanda, y así define el equilibrio o "vaciado" en los mercados de productos. También hay una ecuación sectorial análoga para el vaciado de los mercados para bienes producidos domésticamente y vendidos en el mercado doméstico (D). Sin embargo partiendo de la ecuación (15) resulta evidente que la proporción de importaciones y ventas domésticas es la misma para todas las categorías de importaciones. De esta manera, en el nivel sectorial el hecho de especificar una condición separada de vaciado de los mercados para bienes producidos domésticamente y vendidos en el mercado doméstico equivale a multiplicar ambos lados de la ecuación (36) por la razón D_i/Q_i . Dado que, si la ecuación (36) se mantiene, también lo hará esta nueva ecuación en la que ambos lados se multiplican por el mismo número; no se requiere una ecuación separada.¹⁰

Las variables equilibrantes para la ecuación (36) son los precios sectoriales. Hay nueve precios en el modelo (cada uno de los cuales tiene subíndices sectoriales): pw^m , PW^e , P^m , P^e , P^q , P^x , P^v , P^d y P^k . Los precios mundiales (pw^m y PW^e) se tratan separadamente. De los siete precios restantes, seis aparecen en el lado izquierdo de las ecuaciones de precio (de la 1 a la 6), dejando a P^d como la variable "libre" para ajustar.

La ecuación (37) define el equilibrio en los mercados de factores. Las ofertas de factores primarios (fs_p) se fijan de manera exógena. El vaciado de mercados requiere que la demanda total de los factores sea igual a la oferta, y las variables equilibrantes son los precios promedio de los factores (WF_p). En el modelo especificado aquí, todos los factores primarios son intersectorialmente móviles: las demandas de los factores se determinan mediante la ecuación (9), el vaciado de los mercados se logra cambiando los precios de los factores (WF_p) junto con los parámetros sectoriales específicos exógenos (wf_{dist}_{ij}). Sin embargo, en las aplicaciones empíricas para los países en desarrollo es común suponer que el acervo de capital sectorial se fija de manera exógena. Fijar el acervo de capital significa que las demandas de los factores ($FDSC_{ij}$) de la ecuación (9) son fijas, de manera que la oferta y la demanda

¹⁰ El mismo razonamiento puede usarse para justificar por qué no existe una condición separada de vaciado de mercados para la producción doméstica (X), dado que esto implica añadir exportaciones en ambos lados de esta condición ajustada de vaciado de mercados.

agregadas para capital son automáticamente iguales y la condición de vaciado de mercados para el caso del factor capital en la ecuación (37) es redundante y puede quitarse. No obstante, sin la movilidad de factores las tasas sectoriales de renta no serán las mismas a lo largo de los sectores, ni puede lograrse que éstas se ajusten a algún patrón inicial de distorsiones contenido en los parámetros $wfdist_{ij}$. De esta manera, con el acervo de capital fijo, los parámetros $wfdist$ se vuelven endógenos.¹¹

Las dos ecuaciones restantes describen las condiciones de equilibrio macroeconómico para la balanza de pagos y el balance ahorro-inversión. Satisfacer cada uno de éstos requiere que quien haga el modelo seleccione las variables que se ajustarán libremente para alcanzar el equilibrio y restringir las otras variables al fijarlas de manera exógena. En la ecuación (38) la balanza de pagos se representa en la forma más simple que se puede concebir: el ahorro externo ($FSAV$) es la diferencia entre las importaciones y las exportaciones totales. Con el ahorro extranjero definido de manera exógena, la variable equilibrante para esta ecuación es el tipo de cambio (R). El equilibrio será alcanzado mediante movimientos en R que afecten los precios de exportación e importación (P^m y P^e) relativos a los precios de bienes domésticos (P^d): en otras palabras, cambiando el precio relativo de comerciables a no comerciables. Por ejemplo, un incremento en el tipo de cambio conduce a una depreciación real, de manera que los precios de los comerciables (P^m y P^e) se elevan en relación con P^d . Dadas las funciones de oferta de exportación y demanda de importación, el resultado será mayores exportaciones y menores importaciones. Así, a partir de un equilibrio inicial, cualquier caída en el ahorro externo conducirá a un nuevo equilibrio con un tipo de cambio más alto (depreciado).¹²

¹¹ De hecho, los parámetros $wfdist$ se vuelven endógenos para todos los sectores excepto uno. Esta asimetría ocurre debido a que fijar el acervo de capital en n sectores requiere n nuevas variables para asegurar que la ecuación (9) se satisfaga. Dado que la condición de vaciado de mercados se satisface automáticamente, el rendimiento promedio al capital (WF) ya no se necesita para vaciar el mercado, de manera que las variables WF_i junto con las variables $n-1$ $wfdist$ son suficientes para satisfacer la ecuación (9). En la práctica, es conveniente fijar WF_i en 1, y resolver para el parámetro n $wfdist$.

¹² Véase Devajaran *et al.*, 1994.

También son posibles opciones alternativas de cierre de mercados de divisas. Por ejemplo, el tipo de cambio puede fijarse y el ahorro extranjero se puede ajustar. Alternativamente, el índice de precios (*PINDEX*) puede ser fijado de manera exógena con *R* y *FSAV* determinados de manera endógena. De hecho, lo que determina el modelo es una relación estable entre el tipo de cambio *real* y el balance comercial. Un modelo macroeconómico de este tipo puede usarse para determinar sólo una de las siguientes variables: el tipo de cambio nominal (*R*), el nivel de precios (*PINDEX*) o el balance comercial (*FSAV*).

La condición final de cierre macroeconómico en la ecuación (39) requiere que el ahorro agregado sea igual a la inversión agregada. Los componentes del ahorro total ya se han descrito: el ahorro del gobierno se determina como el residuo después de que el ingreso del mismo es gastado en un consumo fijo real (*gdtot*), el ahorro privado se determina por las tasas fijas de ahorro, y el ahorro extranjero (por lo menos en una opción de cierre) se fija de manera exógena. Esta especificación del modelo corresponde a un modelo "jalado por el ahorro", en el que la inversión agregada es la suma endógena de los componentes separados del ahorro. Lo anterior frecuentemente es denominado cierre (neoclásico) en la literatura de los MEGA.¹³

Como ocurre con la ecuación de balance de pagos, existen maneras alternativas de alcanzar un equilibrio ahorro-inversión en los modelos MEGA. Se han usado varios cierres "jalados por la inversión" en los cuales la inversión agregada (*INVEST*) es fija y algún componente o parámetro de ahorro (tal como *mps* o incluso *FSAV*) se vuelve endógeno. También son posibles los cierres "keynesianos" que incorporan mecanismos de multiplicadores.

Después de que se realizan las decisiones de cierre macroeconómico, el conteo cuidadoso de las ecuaciones y las variables del modelo indican que el número de ecuaciones es uno más que el número de variables endógenas. Sin embargo, el modelo MEGA base satisface la ley de Walras. Por lo tanto, las ecuaciones que definen las condiciones de equilibrio (véase el cuadro 5) no son todas independientes; cualquiera de ellas puede quitarse igualando así el número de variables y ecuaciones. En la práctica es la ecua-

¹³ Véase Devajaran *et al.*, 1994.

ción ahorro-inversión la que más frecuentemente se elimina, a pesar de que la selección no tiene efecto en la solución del modelo.

La descripción previa de un modelo de equilibrio general computable o aplicado a un país típico se ha concentrado en una descripción de la base de datos que comúnmente se usa (las Matrices de Contabilidad Social), así como de los fundamentos teóricos y analíticos de tal modelo: esto es, las ecuaciones y su derivación e interpretación. En los capítulos 2 a 7 nos trasladamos de este tratamiento abstracto a la puesta en práctica de modelos MEGA para los países centroamericanos y República Dominicana. En el capítulo que sigue presentamos en forma detallada esta puesta en práctica para Costa Rica.

REFERENCIAS

- Devajaran, S., J. D. Lewis y S. Robinson (1994), *Getting the Model Right: The General Equilibrium Approach to Adjustment Policy*, borrador, enero.
- Johansen, L. (1960), *A Multisectoral Study of Economic Growth*, Amsterdam, North Holland.
- Robinson, S., M. Kilkenny y K. Hanson (1990), "The USDA/ERS Computable General Equilibrium (CGE) Model of the United States", mimeo, ERS, USDA, reporte núm. AGES 9049