Evaluación de política pública y equilibrio general aplicado

Gustavo Adolfo Hernández-Díaz

Lecturas de Economía - No. 93. Medellín, julio-diciembre 2020

Lecturas de Economía, 93 (julio-diciembre 2020), pp. 101-126

Gustavo Adolfo Hernández-Díaz

Evaluación de política pública y equilibrio general aplicado

Resumen: *Existen muchos artículos técnicos acerca de la construcción, calibración y solución de los modelos de equilibrio general aplicados, pero pocos acerca de la metodología y conceptos usados para llegar a la construcción de estos. Este trabajo, concentra la discusión en el área conceptual de estos modelos, más que en su parte técnica. El objetivo de este trabajo es presentar los elementos conceptuales clave para tener en cuenta antes de la construcción de esta clase de modelos. Como se aprecia a lo largo del trabajo, estos modelos tienen una sólida base conceptual que permite la construcción de diferentes choques económicos o alternativas de política económica, que sirven para el análisis y la evaluación de políticas públicas. Finalmente, dada la microfundamentación de estos modelos, la forma en la cual se esparcen los choques a través de la economía puede analizarse; sin embargo, esto depende de los parámetros que son colocados en las formas funcionales del modelo.*

Palabras clave: *modelos multisectoriales; modelos de equilibrio general computable; matrices de contabilidad social.*

Clasificación JEL: *C68, D58, E16.*

Public Policy Evaluation and Applied General Equilibrium

Abstract: *There are many technical papers about construction, calibration and solution of applied general equilibrium models, but few about methodology and concepts used to arrive at the construction of these. This paper aim is discussion in the conceptual area of these models, rather than in the technical part. In this way, here shows key conceptual elements to take in account before building this kind of models. As it can be seen throughout this paper, this kind of models have a solid conceptual base that allows the construction of different economic shocks or economic policy alternatives, which serve for the analysis and evaluation of public policies. Moreover, this way of building policy scenarios is not only applied in this type of model, but in other alternatives of public policy analysis. Lastly, given the micro-foundation of these models, the way in which shocks are spread throughout the economy can be analyzed, however, this depends on the parameters that are settled in the functional forms of the model.*

Keywords: *multisectoral models; CGE model; social accounting matrix.*

https://doi.org/10.17533/udea.le.n93a338791

BY-NC-SA

Este artículo y sus anexos se distribuyen por la revista *Lecturas de Economía* bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Évaluation des politiques publiques et équilibre général appliqué

Résumé: *Il existe de nombreux articles techniques sur la construction, l'étalonnage et la solution des modèles d'équilibre général appliqués, mais très peu parmi d'eux font référence à la méthodologie et les concepts utilisés dans leur construction. Ce travail concentre la discussion dans le domaine conceptuel de ces modèles plutôt que dans sa formulation technique. L'objectif de ce travail est de présenter les éléments conceptuels clés à prendre en compte avant la construction de cette classe de modèles. Nous verrons que ces modèles ont une base conceptuelle solide qui permet la construction de différents chocs économiques ou alternatives de politique économique, lesquelles servent à l'évaluation des politiques publiques. Enfin, compte tenu des fondements micro-économiques de ces modèles, nous analysons la manière dont les chocs sont répartis dans l'ensemble de l'économie, cependant, cela dépend des paramètres placés dans les formes fonctionnelles du modèle.*

Mots clés: *modèles multisectoriels; modèles d'équilibre général calculables; matrices de comptabilité sociale.*

Cómo citar / How to cite this item:

Hernández-Díaz, G. A. (2020). Evaluación de política pública y equilibrio general aplicado. *Lecturas de Economía*, *93*, 101-126.

https://doi.org/10.17533/udea.le.n93a338791

Evaluación de política pública y equilibrio general aplicado

Gustavo Adolfo Hernández-Díaz [a]

–Introducción. –I. Conceptos claves. –II. Definición de un MEGA. –Comentarios finales. –Referencias.

Primera versión recibida el 12 de junio de 2019; versión final aceptada el 29 marzo de 2020

Introducción

Cuando los economistas están interesados en estudiar un fenómeno económico recurren a lo que llaman "modelos económicos", los cuales tienen una relación consistente con la teoría económica y permiten la evaluación cuantitativa y cualitativa de diferentes escenarios de política o choques económicos. Un modelo ayuda a comprender un problema económico mediante una serie de supuestos sobre los agentes y sus relaciones con su entorno económico y entre ellos, para lo cual "simplifican la realidad" con el fin de poner de manifiesto los mecanismos del problema que se quiere estudiar. Esta "simplificación de la realidad" deja por fuera numerosos detalles, pero coloca de manera explícita las conductas que son importantes para el fenómeno económico que se quiere analizar, sin que los resultados encontrados dejen de explicar las cosas que suceden en el "mundo real". Un economista construye un modelo económico como una herramienta que puede manipular, y de esta manera aprender más acerca de lo que hay detrás del fenómeno económico que se quiere estudiar.

Hay muchas clases de modelos económicos, aquí nos concentraremos en los modelos de equilibrio general aplicado (MEGA), y cómo estos pueden ser construidos teniendo en cuenta diferentes aspectos metodológicos y conceptuales. Ahora bien, esto no implica que muchos de los pasos metodológicos y/o conceptuales mencionados puedan ser usados para la construcción de otra clase de modelos. Los MEGA tratan la economía como

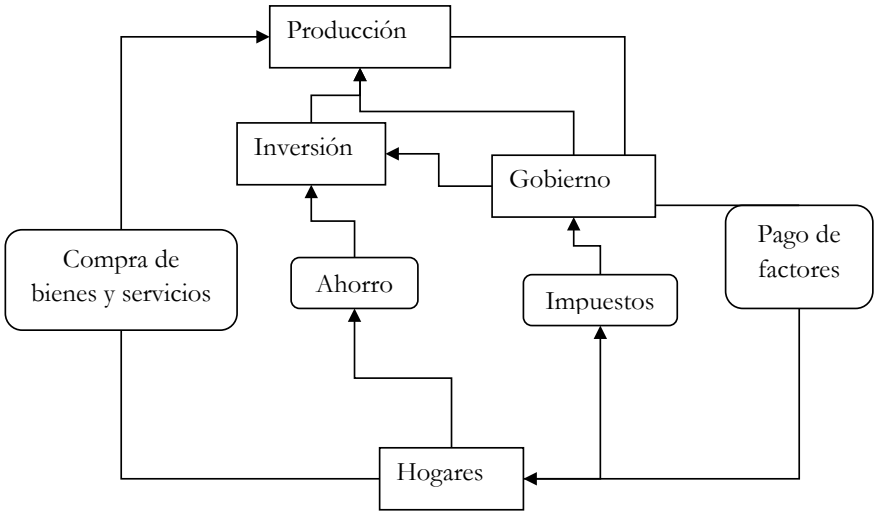
[a] *Gustavo Adolfo Hernández-Díaz*: profesor asistente, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Dirección electrónica: gahernandezd@unal.edu.co
https://orcid.org/0000-0001-7726-8791

un todo, esto es, describen la conducta tanto de los productores como de los consumidores, además de las relaciones que hay entre ellos. Para llevar a cabo esta descripción de la conducta económica se usan diferentes clases de ecuaciones, que pueden ser de comportamiento o identidades, las cuales muestran el flujo circular del ingreso y el gasto de una economía. Por ejemplo, en una economía cerrada, como la que se presenta en la Figura 1, un incremento en la producción conlleva una mayor utilización de factores de producción (por ejemplo, capital o trabajo), lo cual implica unos mayores costos de producción reflejados en el pago de mayores salarios o rentas al capital (pagos de los factores) que son ingresos para los hogares. Entonces, los hogares ante un mayor flujo de ingresos pueden realizar una mayor compra de bienes o servicios, después de haber pagado impuestos. Si no gasta todo su ingreso, este restante se destina para aumentar el ahorro privado de la economía, el cual es utilizado para invertirlo de nuevo en la economía. De otra parte, si el gobierno mantiene su gasto constante, ante mayores impuestos aumenta el ahorro de esta institución, con lo cual hay una mayor inversión (incremento de la inversión pública). Lo anterior, en conjunto con la inversión privada, permite un mayor crecimiento de la producción. En este punto hay que aclarar que esto sucede todo al mismo tiempo; esto es, lo expuesto es una forma de observar la lógica con la que opera un modelo, de acuerdo con un choque de la economía.

Aunque se puede realizar un análisis cualitativo de los mecanismos que operan ante un cambio de política económica, el análisis cuantitativo desempeña un papel clave en el análisis económico al momento de evaluar diferentes escenarios de política, ya que se pueden observar resultados que no pueden encontrarse analíticamente o que el modelo analítico no proporciona de manera adecuada. El enfoque cuantitativo facilita el análisis de interacciones económicas complejas y la evaluación de impacto de los cambios de política pública. En este orden de ideas, los MEGA llevan a la práctica la formalización de la estructura de equilibrio general realizada por Kenneth Arrow, Gerard Debreu, Frank Hahn y otros en la década de 1950 en la evaluación de las políticas públicas. El primer MEGA fue construido por Johansen en 1960 para encontrar valores numéricos con un

modelo de equilibrio general.[1] Estos modelos son ampliamente utilizados por diversas organizaciones nacionales e internacionales (Banco Mundial, Banco de la República, Departamento Nacional de Planeación, Fondo Monetario Internacional, OCDE, entre otros) para el análisis de políticas económicas a nivel sectorial, regional y nacional.

Figura 1. *Flujo de ingresos y gastos en una economía cerrada*



Fuente: adaptado de Burfisher (2011).

Una de las principales razones por las cuales son tan utilizados estos modelos es que, muchas veces, en la toma de decisiones económicas es importante conocer de antemano las implicaciones económicas de diferentes alternativas de política. Ya que su enfoque es el de la representación integral y microeconómica consistente con las interacciones de mercado dependientes de los precios, esto contribuye en la simulación *ex ante* de distintos tipos de políticas. Luego se puede analizar y evaluar una gran variedad de políticas públicas, entre las más comunes se encuentran la fiscal, la comercial y, recientemente, las relacionadas con el medio ambiente.

[1] Para una reseña más extensa véase André et al. (2010), capítulo 2.

El documento consta de las siguientes secciones: en la segunda sección se definen algunos conceptos clave, para luego dar unas pautas básicas de lo que es la construcción de un MEGA. Posteriormente, se muestra el concepto de simulación dentro del contexto del equilibrio general aplicado, y se finaliza con las ventajas y desventajas que trae este tipo de modelos.

I. Conceptos claves

Antes de comenzar con la descripción de cómo se construye un MEGA y la forma de utilizarlo, es decir, lo que es una simulación, se va a enfatizar en algunos conceptos clave, como: ¿Qué es un modelo? ¿Qué significa equilibrio, en este contexto? ¿Por qué elegir equilibrio general y no equilibrio parcial? Esto con el objetivo de aclarar conceptualmente el modelo que se va a construir.

A. Modelos económicos y política pública

Lo primero que se debe responder es ¿qué es un modelo económico? Cuando en clase de geografía preguntan ¿cuál es la forma de la tierra? muy pocas personas dudan en responder "es redonda", sin embargo, la tierra no lo es, ya que tiene montañas, acantilados, valles… pero la respuesta obtenida da una muy buena idea de la forma que en realidad tiene. Esta misma analogía se puede hacer con un modelo económico: en general, un modelo es una abstracción de la realidad. Por ejemplo, aunque el comportamiento de los agentes difiere entre ellos al momento de realizar la elección de bienes, en la teoría básica del consumidor, a través de una serie de supuestos (abstracciones de la realidad), se encuentra que los determinantes de la elección son las preferencias y los precios, lo cual da una muy buena aproximación de lo que en realidad sucede.

Imagine que va a comprar un carro, si ve este carro de frente, podemos decir: cuál es su color, si es pequeño o grande…, pero no podemos afirmar si este tiene dos o cuatro puertas, de qué tamaño es el baúl, si tiene una rueda de repuesto, etc. Ahora bien, podemos observar el mismo carro por un costado o desde arriba o manejarlo, todo esto brinda información adicional acerca de

las características y el estado del carro, con lo cual se puede llegar a tomar la decisión de comprarlo o no. Lo mismo sucede con los modelos económicos, cada uno de los supuestos resalta cada uno de los aspectos más importantes para comprender un problema. Ahora bien, estos supuestos están en función de la percepción del fenómeno económico que se quiere estudiar; es decir, se puede considerar que hay competencia perfecta o competencia imperfecta, o un modelo de equilibrio parcial o de equilibrio general, entre muchos otros. La respuesta sobre cuáles son los supuestos que deben ser utilizados se encuentra en cuál en la pregunta u objeto de investigación económico sobre el que queremos formular una hipótesis.[2]

Dependiendo del objeto de la investigación la elección del tipo de modelo puede ser bastante obvia. En el caso de que un investigador quiera analizar las consecuencias de un acuerdo multilateral sobre los ingresos, el comercio y la producción de un país, un modelo de equilibrio general computable multipaís puede ser el más adecuado.[3] De otra parte, si el objetivo es evaluar el impacto de la liberalización sobre la distribución del ingreso y la pobreza, el modelo debe contar con diferentes fuentes de ingreso y estructuras de consumo, no solo de un hogar sino de varios hogares,[4] lo cual puede ser incluido en un modelo multipaís o en un modelo de un solo país. Ahora, si el objetivo es analizar los niveles de distorsión y las consecuencias de los flujos de comercio en el mercado mundial de un bien en particular, pero con una gran diversidad de formas de producción, un modelo de equilibrio parcial o de gravedad puede ser la respuesta.

¿Por qué usar un modelo económico para analizar la política pública? El uso de modelos económicos avala que la formulación de políticas esté guiada por una mejor comprensión del funcionamiento de la economía. Los modelos pueden confirmar y fortalecer los conocimientos existentes. El responsable de la formulación de políticas puede haber llegado a la conclusión de que una reforma comercial será buena para el país. Una simulación de este tipo de política en un modelo puede confirmar ese juicio y proporcionar una estimación de las posibles ganancias, o mostrar consecuencias no deseadas

[2] Esto se va a tratar con más detalle en la siguiente sección.

[3] También pueden utilizarse modelos de gravedad, pero esto no es el objeto de la discusión.

[4] Esto es, no un hogar "representativo" sino hogares "heterogéneos".

de la política. Las simulaciones de modelos pueden sorprender al responsable de las políticas y alertarlo sobre algunas de las consecuencias involuntarias de su acción que no habrían sido claras sin el marco de la economía en su conjunto y sin la disciplina de los modelos económicos (Piermartini & Teh, 2005).

En el caso de los MEGA, como señalan Devarajan y Robinson (2002), estos modelos deben tener unas características deseables para poder ser utilizados en las recomendaciones de política económica. Entre las características deseables están:

i) El modelo debe relacionar las variables de política con los resultados económicos que sean de interés para la persona que toma las decisiones de política, de esta manera es útil en el debate económico de la política.
ii) Las relaciones entre las variables de política y los resultados deben ser fáciles de observar y explicar.
iii) Los modelos deben usar datos relevantes con respecto al problema económico a analizar. Por ejemplo, utilizar los datos más recientes, si estos son usados en debates de política.
iv) Los resultados del modelo deben ser consistentes con la teoría subyacente a su construcción, para poder ser validados.
v) Los resultados pueden ser validados al realizar diferentes grados de agregación y obtener resultados muy parecidos.

B. ¿Qué significa equilibrio?

El concepto de equilibrio es originalmente utilizado en la física, pero la economía se ha apropiado de él. Se puede decir que una economía está en equilibrio[5] cuando no hay ningún factor exógeno que induzca algún cambio. Por ejemplo, cuando la oferta y la demanda son iguales a algún conjunto de precios y no hay ninguna influencia para que los valores de estas variables cambien. En el caso de un MEGA el equilibrio se alcanza cuando para algún conjunto de precios los productores y consumidores están satisfechos con

[5] En este caso, equilibrio competitivo, definido a la manera de Walras.

las cantidades de bienes y servicios que estos producen y consumen. Los productores han elegido una cantidad de factores de producción y costos que maximizan sus beneficios dados los costos de los insumos, los precios de venta y las restricciones tecnológicas del proceso de producción. Los consumidores han maximizado su utilidad, o nivel de satisfacción, por la compra de la mayor canasta de bienes y servicios que puede alcanzar dado su presupuesto y los precios de los bienes consumidos. Adicionalmente, en estos modelos hay algunas restricciones de tipo macroeconómico que deben ser satisfechas, así como las restricciones de vaciamiento del mercado (la oferta agregada de bienes y servicios debe ser igual a la demanda agregada).

Aunque el concepto de equilibrio es importante en sí mismo, no es el principal objetivo del modelador. El objetivo del modelador es observar qué sucede entre los diferentes equilibrios;[6] es decir, qué sucede cuando hay cambios en las variables o parámetros exógenos. En estos modelos los cambios en parámetros y variables exógenas son sinónimos de acciones de política económica y hacen que interactúen las ecuaciones del MEGA para encontrar una nueva solución de las variables endógenas al sistema, el cual produce un nuevo equilibrio. Hay que tener en cuenta que el modelo no muestra el proceso de ajuste, esto es, no se puede observar cómo los parámetros interactúan entre sí, sino que muestra el resultado final del proceso; esto es importante tenerlo en cuenta para después realizar el análisis de los resultados del modelo.

C. ¿Equilibrio parcial vs. equilibrio general?

Los modelos de equilibrio parcial se enfocan en un mercado o producto en particular, sin considerar las interacciones con otros mercados. En los primeros cursos de economía, todos los factores que afectan a este mercado se asumen como constantes (el supuesto de *caeteris paribus*)[7]. Un cambio de política en cierto mercado solo afecta el precio de ese bien, pero no lleva a

[6] Este es la base de lo que posteriormente se conoce como simulación.

[7] Cualquier movimiento de estos factores exógenos produce un cambio en la pendiente de la demanda o la oferta, o desplazan hacia arriba o hacia abajo la oferta o la demanda (véase el capítulo 4 de Mankiw, 2007).

cambios en precios de los otros bienes de la economía, esto es, no hay efectos de sustitución o ingreso. Adicionalmente, estos modelos no toman en cuenta las restricciones de la economía, es decir, ante un incremento en la producción de un bien se necesita obtener más recursos, los cuales pueden provenir de otros sectores de la economía, y esto conlleva a una reasignación de los recursos de la economía. Un modelo de equilibrio parcial puede ser utilizado cuando las preguntas de política se sitúen en el ámbito del interés sectorial, o cuando el sector represente solo una fracción pequeña de los ingresos de todo el sector, o los cambios de política probablemente solo cambien el precio del sector, manteniendo los precios de los demás sectores constantes. Otra de las razones para tener en cuenta es que estos modelos permiten incorporar muchos más detalles o particularidades del sector, y estos detalles ayudan a realizar simulaciones más cercanas a la "realidad".

De otra parte, el análisis de equilibrio general permite tener en cuenta las relaciones entre los diferentes sectores de una economía. Estas relaciones pueden resumirse en: las interrelaciones industriales hacia adelante y hacia atrás,[8] y las relaciones entre gastos e ingresos de los consumidores. Luego, un modelo de equilibrio general captura el hecho de que los mercados están interrelacionados, posteriormente lo que sucede en un mercado tiene efectos sobre los demás mercados. Estos efectos indirectos deben ser tomados en cuenta, ya que producen un efecto de retroalimentación en el mercado original.

Todas estas interrelaciones trabajan a través de diferentes canales. Por ejemplo, una reducción en los aranceles produce una mayor demanda de bienes importados; en el caso de un bien específico, como el trigo, disminuye la cantidad demandada de los bienes sustitutos y aumenta la demanda de los demás complementarios. Aquí el canal por el que se transmite la política es a través de las decisiones del consumidor. De otra parte, la misma reducción de los aranceles puede producir una caída de la producción nacional, con lo cual se puede verse afectados los pagos de factores; esto, a su vez, implicaría una recomposición, por ejemplo, del empleo. Lo anterior significa que, al

[8] Las relaciones hacia adelante o hacia atrás muestran cómo el incremento (decremento) de la producción de un sector jalona (reduce) los insumos suministrados por otros sectores, o cómo impulsa (desacelera) a los demás sectores.

disminuir los salarios, siguiendo el ejemplo del trigo, este sector se puede volver más atractivo que el sector del arroz y, por ende, incrementar su producción. En este caso, los efectos de la política se propagan a través de las decisiones de los productores. Como se puede ver, los cambios van transmitiéndose por diferentes canales a través de toda la economía, y el poder identificar estos canales es una ventaja importante de los MEGA sobre los modelos de equilibrio parcial, que solo considerarían el mercado del trigo en este análisis.

II. Definición de un MEGA

Los MEGA representan la estructura teórica del equilibrio general walrasiano en lenguaje computacional, utilizando como información los datos de la economía real de un determinado país, región o grupo de países, y aprovechando algún algoritmo para la búsqueda del equilibrio[9] encuentran un nuevo equilibrio ante cambios en la política económica. Dixon y Parmenter (1996) ofrecen la siguiente definición de un MEGA, de acuerdo con algunas características de estos modelos:

i) Hay una especificación explícita del comportamiento de varios agentes económicos de forma general. La forma más tradicional es que se representan los hogares como maximizadores de la utilidad[10] y las empresas como maximizadoras de ganancias o minimizadoras del costo. Adicionalmente, mediante el uso de diferentes supuestos, se enfatiza el papel de los precios de los productos básicos y los factores para influir en las decisiones de consumo y producción de los hogares y las empresas. También pueden incluir especificaciones optimizadas para describir el comportamiento de los gobiernos, los importadores y los exportadores.

[9] Para consultar diferentes formas de computar el equilibrio en los MEGA, véase Shoven y Whalley (1992) capítulo 3, Ginsburgh y Keyzer (1997) y Rutherford (1999).

[10] La familia de modelos derivados del modelo GREEN (Lee et al., 1994) y LINKAGE (Van der Mensbrugghe, 2006) modelan al consumidor desde el punto de vista dual. El ingreso es minimizado de acuerdo con un nivel de utilidad deseado, dados unos precios. La diferencia entre los modelos realizados por el lado primal y dual se encuentra en la rapidez computacional para llegar al equilibrio cuando los modelos son muy grandes, como el caso del LINKAGE.

ii) Muestran cómo las decisiones de la oferta y la demanda tomadas por diferentes agentes económicos determinan los precios de al menos algunos productos y factores. Para cada producto y factor incluyen ecuaciones que garantizan que los precios se ajusten para que las demandas agregadas a todos los actores no excedan las ofertas totales. Es decir, emplean suposiciones de equilibrio de mercado.

iii) Producen resultados numéricos (es decir, son computables). Los coeficientes y parámetros en sus ecuaciones se evalúan por referencia a una base de datos numérica. El núcleo central de la base de datos de un MEGA suele ser un conjunto de cuentas resumidas en una Matriz de Contabilidad Social que resume, para un año determinado, los flujos de productos básicos y factores entre industrias, hogares, gobiernos, importadores y exportadores. Los datos de entrada-salida normalmente se complementan con estimaciones numéricas de diversos parámetros de elasticidad. Estos pueden incluir elasticidades de sustitución entre los diferentes insumos de los procesos de producción, estimaciones de las elasticidades precio-ingreso de la demanda de los hogares para diferentes productos básicos y elasticidades de la demanda de productos exportados" (Dixon & Parmenter, 1996; traducción libre del autor).

En resumen, podemos decir que estos modelos son "una representación analítica de todas las transacciones de una economía dada, de tal manera que es posible conectar cada elemento del modelo con algunos datos empíricos observados. La idea es tener un instrumento que sea capaz de describir numéricamente cómo se comporta la economía y cómo reacciona frente a diferentes choques externos, a la vez que es consistente con la teoría económica estándar" (André et al., 2010, pp. 14-15; traducción libre del autor).

A. Construcción de un MEGA

Antes de entrar en detalle sobre cómo construir un MEGA, debemos recordar que la estructura del modelo está basada en la pregunta que se quiera responder. Por tanto, el primer paso es definir claramente el problema a ser analizado, para, de esta manera, elegir las características y el nivel de detalle que se requieren y así poder responder la pregunta de política económica

en cuestión. Analizar el impacto del impuesto sobre la renta en los hogares es totalmente diferentes a evaluar los efectos de un cambio en los aranceles sobre el comercio internacional, aunque ambos problemas pueden abordarse desde la incidencia tributaria. Por tanto, el tipo de problema que se quiere analizar indicará el grado de desagregación que se necesita y los sectores económicos cuyas funciones se deben especificar. Otro aspecto importante es que el refinamiento teórico del modelo puede verse afectado por limitaciones prácticas, como la disponibilidad de información. En otras palabras, un MEGA implica un *trade-off* entre la intención del modelador de representar la estructura de la economía y las restricciones *ad ho*c establecidas por la información estadística disponible.

Para la construcción de un MEGA, Bergoeing (1998) presenta cinco aspectos para tener en cuenta:

i. Formulación de la pregunta (que sea cuantificable) a investigar. Lo cual condiciona el tipo de modelo a ser utilizado y los requerimientos de información.
ii. Selección de un modelo teórico. Diferentes clases de modelos pueden ser adecuadas para responder algunas preguntas.
iii. La elección de formas funcionales y resolución del modelo. Lo que es importante es si el modelo es capaz de proveer una respuesta cuantitativa a la pregunta específica que el investigador plantee.
iv. Parametrización y reproducción de resultados teóricos conocidos. En general, una pregunta tiene una repuesta conocida desde la teoría, y el modelo debería dar una respuesta aproximadamente correcta a esta pregunta. De otra parte, los datos son usados para calibrar el modelo y deben reproducir la economía real tanto como le sea posible.
v. Realización de las simulaciones. Con las formas funcionales y habiendo elegido los valores de los parámetros, se pueden llevar a cabo los experimentos computacionales. Con ellos, se comparan los equilibrios de la economía modelo con el comportamiento de la economía real.

En el primer punto, la pregunta a investigar, hay que considerar que en un contexto de equilibrio general los aspectos de política pública van a estar

determinados por el primer y segundo teorema del bienestar. De esta forma, en el caso de la política pública se pueden seguir los siguientes pasos para llegar a construir la pregunta de estudio (Munk, 2005):

i) Primero, preguntarse por qué el gobierno debe intervenir. De esta manera se llega a investigar cuál es la falla de mercado que está interviniendo en el este, entre las cuales las más comunes son: externalidades, bienes públicos y rendimientos crecientes a escala.
ii) Segundo, preguntarse cómo el gobierno puede intervenir. De esta manera se empieza a dilucidar cuáles pueden ser las variables exógenas o los parámetros que se deben cambiar para las simulaciones.
iii) Tercero, clarificar en qué área el gobierno debe intervenir.

Considerando la elaboración de la pregunta que se quiere responder con el modelo, entonces se procede a su construcción. Aquí hay que tener en cuenta que un modelo empírico consta de tres tipos de estructuras: analítica, funcional y numérica. La estructura analítica es la teoría subyacente que identifica las variables de interés y sus relaciones de causalidad. La estructura funcional es la representación matemática de la estructura analítica, y consiste en las ecuaciones que son elegidas para el modelo. La estructura numérica son los signos y magnitudes de los coeficientes en las ecuaciones, los cuales conforman la estructura funcional (McKitrick, 1998).

En la construcción del MEGA, primero se procede a verificar los aspectos teóricos, para construir la estructura analítica del modelo (segundo punto mencionado por Bergoeing, 1998). Teniendo en mente la pregunta de investigación, se procede a revisar los supuestos necesarios para la construcción del modelo (verificar si el modelo es de economía cerrada o economía abierta, qué clase de impuestos debe tener, o si no los tiene, si involucra dinámica o no, etc.). En general, un MEGA estándar[11] tiene la siguiente estructura:

- Determinación de la producción y demanda de factores por parte de los productores.

[11] Para más detalles, véase Lófgren et al. (2002).

- Determinación de la elección del consumidor.
- Comportamiento del gobierno.
- Determinación del comercio internacional.
- Vaciamiento de los diferentes mercados.
- Restricciones macroeconómicas.

Claro está que dentro de cada uno de estos componentes se pueden asociar más o menos relaciones. En el caso de una economía cerrada no existiría comercio internacional, o en el caso de modelar explícitamente el desempleo se pueden adicionar supuestos en el mercado laboral como son salarios de eficiencia o salario mínimo; o en el caso de dinámica unas relaciones de movimiento para el capital, etc.

Teniendo la estructura analítica del modelo, el siguiente paso es asignar ecuaciones y parámetros para cada una de las relaciones que se han establecido utilizar, esto es construir la estructura funcional del modelo (tercer punto mencionado por Bergoeing, 1998). En el caso del consumidor, se establece explícitamente la función de utilidad, que puede ser una función Cobb-Douglas o Stone-Geary, lo cual implica diferentes sistemas de demanda para la elección de las mercancías,[12] y, por tanto, la consecución de diferente clase de parámetros. Para el caso de los productores se procede de una manera similar: se escoge una forma funcional —siendo la más utilizada la de tipo CES— para conseguir los parámetros necesarios.

Finalmente, con las ecuaciones del modelo, se llega a construir la estructura numérica. Esto es, la consecución de los datos y parámetros necesarios para poder encontrar la solución numérica del modelo. En general, los datos que son utilizados para los MEGA provienen de un ordenamiento de los datos de cuentas nacionales, conocidas como matrices de contabilidad social (MCS), donde se captura los flujos económicos entre todos los sectores de la economía, según la estructura propia del modelo.[13] Adicionalmente a la

[12] En el caso de la Cobb-Douglas implica un sistema de demanda LES, y para Stone-Geary se asocia un sistema de demanda ELES.

[13] Más adelante se discutirá en detalle acerca de las MCS, ya que, además de los datos que provee para los MEGA, se puede utilizar como un modelo multisectorial de coeficientes fijos.

consecución o construcción de la MCS, en los MEGA algunos parámetros deben ser calibrados; es decir, se debe realizar el proceso necesario de obtención de parámetros para que el modelo sea capaz de reproducir los datos de un año base como una solución de este. En la práctica, dado el amplio uso de las funciones CES y Cobb-Douglas en los modelos aplicados, los parámetros claves del modelo, cuyos valores son requeridos antes del procedimiento de calibración, están constituidos por las elasticidades.[14]

B. Calibración de un MEGA[15]

Luego de tener las ecuaciones del modelo, se deben obtener los valores de los parámetros de dichas ecuaciones; esto se hace mediante el proceso de calibración del modelo (este es el punto cuatro mencionado por Bergoeing, 1998). En términos simples, calibrar es elegir valores para los parámetros del modelo, basándose en observaciones microeconómicas, y luego comparar las predicciones del modelo en relación con ciertas observaciones empíricas (Bergoeing, 1998). La calibración de un MEGA se realiza en un año de referencia dado los datos obtenidos; sin embargo, surge la inquietud de si el año de referencia es un "año normal", esto es, que refleje los aspectos más relevantes de la estructura de la economía. Este tipo de pregunta debe ser resuelto de acuerdo con el criterio del analista, ya que, en caso de elegir un año que no sea adecuado, los resultados de los parámetros y coeficientes calibrados no serán los mejores y afectarán los resultados del modelo. Típicamente, los MEGA requieren dos conjuntos de parámetros para su calibración: el primer grupo de parámetros provienen de la base cuantitativa, que generalmente es una MCS, y el segundo proviene de fuentes externas a la MCS.

Una MCS es una representación de los flujos económicos observados entre sectores económicos y agentes de la economía, en un periodo determinado[16].

---

[14] Para mayores detalles puede verse Rutherford (1995) y Sancho (2011).

[15] Para más detalles véase Romero (2009).

[16] Algunas MCS se pueden construir para la elaboración de ejercicios de multiplicadores (Cordi, 1987 y 1988; Arrieta & Guzmán, 2000; y Hurtado et al., 2009), mientras que otras se han hecho para la construcción de modelos de prospectiva del PIB, como los trabajos del

Este resumen contable de la economía permitir describir su estructura económica a nivel sectorial de una ciudad, país o región. Estas matrices generalmente incluyen, para cada sector económico, una estructura de los costos de producción, como el consumo intermedio y remuneraciones factoriales (valor agregado) por sector y por tipo de factor productivo, además de los pagos de impuestos. Adicionalmente, muestran la formación de los ingresos de los hogares, el gobierno y el resto del mundo, a partir de las remuneraciones factoriales (para los hogares), la recolección de los impuestos directos e indirectos (en el caso del gobierno), y la compra de importaciones provenientes del resto del mundo. Finalmente, para cada uno de estos agentes se incluyen las demandas de consumo final de cada bien, así como su ahorro, que se destina a financiar demandas finales de inversión. En general, los parámetros que se calculan a partir de la MCS son todos aquellos relacionados con i) cantidades consumidas o utilizadas de bienes e insumos (como porcentajes o participaciones); ii) cantidades exportadas e importadas; iii) tasas de impuestos; iv) proporción de ingresos de las instituciones según fuente; y v) proporción de gastos de las instituciones según tipo de gasto, entre otros.

El segundo conjunto de parámetros requerido por estos modelos no se encuentra en la MCS. Este grupo de parámetros lo conforman las elasticidades. Una elasticidad es por definición la variación porcentual que una variable tiene como resultado de la variación porcentual en otra. Las elasticidades más comunes en este tipo de modelos son: la elasticidad de sustitución entre factores de producción, la elasticidad de sustitución entre bienes importados y bienes domésticos (*Armington*), la elasticidad de transformación de productos entre el mercado doméstico y el mercado externo y la elasticidad de demanda por exportaciones. Estas elasticidades provienen de tres fuentes principalmente: estimaciones econométricas, revisión de la literatura acerca del tema y comportamientos históricos de las variables.

Departamento Nacional de Planeación (Gutiérrez & Valderrama, 1996; Prada, 2002; Pardo & Corredor, 2008), FEDESARROLLO (Bussolo & Correa, 1998) y el CEGA (Prada & Ramírez, 2001). Otras se han construido para servir de bases de datos para la construcción de modelos de equilibrio general computable para abordar temas específicos (Karl, 2004; Karl et al. 2006).

C. Simulaciones en un MEGA

Una vez se definan las formas funcionales y hayan sido calibradas se debe establecer el equilibrio de referencia o el equilibrio del punto de partida. La idea es replicar la economía observada de tal manera que el modelo reproduzca un estado de equilibrio donde las funciones de oferta y demanda de todos los bienes se obtengan como la solución a los problemas de maximización de utilidades y beneficios. A la obtención de este equilibrio también se le conoce como escenario base, y, como señalan Sadoulet y de Janvry (1995), tiene cuatro propósitos:

i) El más importante, utilizarlo como punto de referencia con respecto al cual se mide el impacto de los escenarios contrafactuales.
ii) Replicar el impacto observado del paquete de políticas, esencial para validar el modelo.
iii) Obtener algunas variables endógenas que no son directamente observables.
iv) Descomponer los efectos de variables endógenas.

La simulación de los MEGA se hace mediante "experimentos", entendidos en el sentido de que, para realizar una simulación dentro del modelo se puede chocar tanto a variables exógenas como a algunos parámetros para realizar el análisis de política (este es el quinto punto mencionado por Bergoeing, 1998). Este análisis de política puede ser *ex ante* cuando se quiere saber "qué pasa sí…" en un futuro, o *ex post* si se quiere analizar o evaluar el resultado de una política implementada para ver si explica, de una forma u otra, aspectos económicos ya conocidos. En otras palabras, se pueden analizar los resultados futuros de una política o las políticas propuestas al ser evaluadas con los resultados que se obtuvieron.

Para poder realizar los experimentos, se debe tener en cuenta la distinción entre las variables endógenas y las variables exógenas. Las variables endógenas son aquellas cuyos valores son determinados o resueltos por el modelo, esto es, el modelo puede explicar el comportamiento de estas variables, sin que medie información externa al modelo. Las variables exógenas no son solucionadas por el modelo sino determinadas por factores

exógenos a él, es decir, el modelo no puede explicar el comportamiento de estas variables sin que estas sean explicadas por factores exógenos al modelo. Por ejemplo, en un modelo de oferta y demanda con impuestos, las variables endógenas al modelo son los precios y las cantidades, que son determinados por las ecuaciones de oferta y demanda, y los impuestos son las variables exógenas, las cuales cambian por factores exógenos al modelo (en este caso, cambios en política tributaría). En resumen, el conocer cuáles son las variables exógenas del modelo nos permite conocer qué tipo de políticas (tributarias, arancelarias, cambiarias, fiscal, etc.) o choques (caídas en la demanda mundial, fenómenos migratorios, desastres naturales, etc.) pueden ser realizados como experimento dentro del modelo que se haya construido.

Una vez que el modelo ha sido calibrado para obtener el escenario base, puede usarse para simular los efectos de algún cambio propuesto, como una nueva política a implementar. El nuevo equilibrio, después de la simulación, puede verse como una "predicción o pronostico" del efecto de cambios en las variables de política sobre las variables económicas más importantes: precios, niveles de producción, ingresos del gobierno y la nueva distribución del ingreso entre los consumidores. A este escenario se le conoce como escenario contrafactual, y es el resultado de los diferentes choques de política para obtener un nuevo equilibrio para la economía, esto es, ¿qué sucede cuando la política o paquete de políticas es implementado? Este escenario es contrastado con el escenario base mediante la construcción de indicadores microeconómicos o macroeconómicos o mediante crecimientos porcentuales de las variables para observar de manera cuantitativa o cualitativa el impacto de las políticas. Con respecto a los resultados numéricos que se obtienen al comparar el escenario base y el escenario simulado, lo más importante es la dirección y el tamaño relativo de los efectos que se tendrían ante un choque o una política que afecte la economía y, en menor medida, los efectos absolutos. Aunque, por supuesto, ambos nos dan una buena idea de lo que hubiera podido haber sucedido.

Comentarios finales

La fortaleza más importante que tiene un MEGA es que la metodología de equilibrio general está sólidamente microfundamentada.[17] Un modelo de equilibrio general describe detalladamente la conducta de los agentes económicos usando los principios de optimización para la elección (mercancías, capital, trabajo, entre otros). Estos modelos integran la conducta de todos los agentes de una forma sistemática que corresponde al modo como los mercados operan. El equilibrio general utiliza métodos estándar para describir las relaciones entre variables, lo cual excluye especificaciones *ad hoc* y hace que su estructura sea más transparente.

Muchos economistas piensan que estos modelos son "cajas negras" que generan una solución, dado que los resultados de las simulaciones resultan a veces impredecibles; esto es, dadas las distintas interdependencias y retroalimentaciones, hacen que sea difícil prever los cambios en las variables exógenas o los parámetros. Sin embargo, los fundamentos teóricos de estos modelos hacen posible rastrear los resultados de la simulación y determinar cuáles son los factores cruciales que deben ser explicados. Adicionalmente, la teoría detrás de estos modelos provee una confirmación de la validez de los resultados, ya que es imposible, a menos que existan errores, llegar a resultados contrarios a los que la teoría subyacente predice. Una consecuencia de la fundamentación teórica de los modelos es su consistencia interna. Estos modelos hacen posible la simulación de complejas interrelaciones, clarificando el papel y el impacto de los diferentes aspectos de política pública, lo cual enriquece el análisis con nuevos, y algunas veces, sorprendentes resultados. Esto hace muy útil los modelos de equilibrio general, ya que, en caso de diferentes alternativas de política, o políticas con diferentes ramificaciones, que algunas veces actúan en sentidos opuestos, pueden ser simuladas e interpretadas de manera transparente.

La flexibilidad de los algoritmos de solución ha hecho posible el desarrollo de modelos altamente desagregados. Ahora bien, ya que muchas de las políticas o choques exógenos producen impactos sobre la economía mucho más pequeños que sobre la estructura económica, los resultados se centran en

[17] Para mayores detalles, véase O'Ryan et al. (2000).

los cambios agregados (por ejemplo, el incremento o disminución del PIB), y dejan de lado la importancia de los cambios en la estructura, los cuales son inducidos por un cambio de política o un choque exógeno.

El grado de desagregación que se puede lograr con los MEGA contribuye, adicionalmente, a que se puedan modelar muchos aspectos estructurales que corresponden a fallas o a distorsiones en los mercados. Esto es, en el caso del comercio internacional, se puede pensar en cómo incorporar competencia imperfecta, lo cual implica mayores ganancias en la producción al explotar los rendimientos a escala, o, en el caso de los impuestos, tener distintas alternativas de modelamiento del mercado de trabajo para ver el efecto de los impuestos a la nómina. Esto contribuye a dar indicaciones de cuáles sectores o agentes de una economía pueden ser impactados por la política y llegar a su focalización.

Otro punto importante de estos modelos es el hecho de que puedan ser resueltos numéricamente, y no solo analíticamente. Los modelos económicos muchas veces son expresados en forma de cálculo diferencial, lo cual se aplica si los cambios son infinitesimales, esto es, en el caso de un cambio de política cuando se esperan efectos pequeños. Sin embargo, algunos cambios de política económica son sustanciales, y en realidad son los más interesantes, tanto en términos absolutos como en términos relativos.

No obstante, los MEGA tienen algunas debilidades que limitan su aplicabilidad en diversas áreas. La debilidad más frecuente ha sido la falta de validación empírica de los modelos, en el sentido de que este no mide el grado en que se estiman los datos o la historia de las variables. Esto se debe a que los modelos son bastante grandes, incluyen un número sustancial de parámetros y tiene algunas estructuras complejas (funciones de utilidad y de producción).[18] Los parámetros utilizados son estimados por fuera del modelo, tomados de la literatura o calibrados en un año base (McKitrick, 1998). Dado que los modelos de equilibrio general ven todos los mercados simultáneamente, los resultados del modelo no pretenden hacer una proyección sino, en cambio, observar tendencias de largo plazo, alrededor de las cuales la economía oscila. Por tanto, estos modelos no se usan para replicar la evolución de la economía

[18] Jorgenson (1984) construye un modelo donde estima los parámetros independientemente.

en el pasado. Para subsanar esta debilidad, los modeladores deben ser muy cuidadosos en la elección de los parámetros, así como en la de las formas funcionales. Por tanto, los MEGA son claramente valiosos para analizar diferentes escenarios de simulaciones de políticas o choques exógenos para la toma de decisiones.

Referencias

André, F., Cardenette, A. & Romero, C. (2010). *Designing public policies: An approach based on multi-criteria analysis and computable general equilibrium modeling.* Madrid: Springer y Fundación BBVA.

Arrieta, E. & Guzmán, O. (2000). *Matriz de Contabilidad Social para Colombia, año 1997*. Mimeo, Dirección General de Política Macroeconómica, Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

Bergoeing, R. (1998). *Notas en experimentos computacionales y teoría de equilibrio general aplicada* (Teaching Notes D-6, ILADES), Georgetown University.

Burfisher, M. (2011). *Introduction to computable general equilibrium models*. London: Cambridge University Press.

Bussolo, M. & Correa, R. (1998). *A 1994 Detailed Social Accounting Matrix for Colombia* (Working Papers, No. 10). FEDESARROLLO. https://repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/829

Cordi, A. (1987). *La matriz de contabilidad social, aplicación al caso colombiano en 1980*. Mimeo, Departamento Nacional de Planeación.

Cordi, A. (1988). La Matriz de Contabilidad Social. Deducción de los multiplicadores de contabilidad y su aplicación al caso colombiano en 1985. *Planeación y Desarrollo*, *20*(1-2), 79-120.

Devarajan, S. & Robinson, S. (2002). *The influence of computable general equilibrium models on policy* (TMD Discussion paper, No. 98). Trade and Macroeconomics Division, International Food Policy Research Institute. https://www.ifpri.org/publication/influence-computable-general-equilibrium-models-policy

Dixon, P. & Parmenter, B. (1996). Computable General Equilibrium Modelling for Policy Analysis and Forecasting. En Amman, D. A. Kendrick & J. Rust (Eds.), *Handbook of Computational Economics* (Vol. 1), (pp. 3-85). Elsevier Science.

Ginsburgh, V. & Keyzer, M. (1997). *The structure of applied general equilibrium models*. Cambridge: MIT Press.

Gutiérrez, J. & Valderrama, F. (1996). *Multiplicadores de Contabilidad Derivados de la Matriz de Contabilidad Social* (Archivos de Economía, No. 41). Departamento Nacional de Planeación. https://www.researchgate.net/publication/28050833_Matriz_de_contabilidad_social_y_multiplicadores_contables_una_aplicacion_para_Extremadura

Hurtado, A., Ramos, M. del C. & Fernández, E. (2009). Elaboración de la Matriz de Contabilidad Social para Colombia (2003). *Revista de Economía Mundial*, *21*, 135-168.

Jorgenson, D. (1984). Econometric methods for applied general equilibrium modeling. En H. Scarf & J. Shoven (Eds.), *Applied General Equilibrium Analysis*. New York: Cambridge University Press.

Karl, C. (2004). *2000 Social Accounting Matrix for Colombia* (Archivos de Economía, No. 256). Departamento Nacional de Planeación.

Karl, C., Ramirez, M. & Yepes, F. (2006). *Construcción de una Matriz de Contabilidad Social para el Análisis de Políticas de Seguridad Social en Salud* (Borradores de Investigación, No. 89). Universidad del Rosario. https://www.urosario.edu.co/urosario_files/5c/5ce43c67-5381-4b9b-9674-c8335de5233d.pdf

Lee, H., Oliveira, M. & van der Mensbrugghe, D. (1994). *The OECD Green model: An updated overview* (Development Centre, Working Paper No. 97). OECD. https://www.oecd-ilibrary.org/development/the-oecd-green-model_272425468524

Löfgren, H., Harris, R. & Robinson, S. (2002). *A standard computable general equilibrium (CGE) model in GAMS* (Microcomputers in Policy Research,

No. 5). International Food Policy Research Institute. https://www.ifpri.org/publication/standard-computable-general-equilibrium-cge-model-gams-0

Mankiw, G. (2007). *Principios de Economía* (3ra. Ed.). Madrid: McGraw – Hill.

McKitrick, R. (1998). The econometric critique of computable general equilibrium modeling: the role of functional forms. *Economic Modelling*, *15*, 543-573.

Munk, K. (2005). *Introduction to construction and use of CGE models for policy analysis*. https://sites.google.com/site/microeconomica/documentos/Munk2005--IntroductiontoCGEbasedpoli.pdf?attredirects=0&d=1

O'Ryan, R., de Miguel, C. & Miller, S. (2000). *Ensayo sobre equilibrio general computable: teoría y aplicaciones* (Centro de Economía Aplicada, No. 73). Universidad de Chile. https://www.researchgate.net/publication/4722472_Ensayo_sobre_equilibrio_general_computable_Teoria_y_aplicaciones

Pardo, O. & Corredor, D. (2008). *Matrices de Contabilidad Social 2003, 2004, 2005 para Colombia* (Archivos de Economía, No. 339). Departamento Nacional de Planeación. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Econmicos/339.pdf

Piermartini, R. & Teh, R. (2005). *Demystifying Modelling Methods for Trade Policy* (Discussion Paper, No. 10). World Trade Organization. https://www.econstor.eu/bitstream/10419/107045/1/wto-discussion-paper_10.pdf

Prada, S. (2002). *Desarrollo de un modelo para la construcción de matrices de contabilidad social con base en el sistema de cuentas nacionales*. *Manual del usuario*. Mimeo, Departamento Nacional de Planeación.

Prada, S. & Ramírez, J. M. (2000). *Una Matriz de Contabilidad Social 1996 para Colombia* (Documentos de Trabajo, No. 1). CEGA. https://www.researchgate.net/publication/265907663_Matriz_de_Contabilidad_Social_1996_para_Colombia

Romero, C. (2009). *Calibration of CGE models: Methods and current practice* (MPRA Paper, No. 17767). University Library of Munich. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/17767/1/Romero_2009-calibracion_CGE-MPRA.pdf

Rutherford, T. (1995). *Constant Elasticity of Substitution Functions: Some Hints and Useful Formulae*. Mimeo, University of Colorado.

Rutherford, T. (1999). Applied general equilibrium modeling with MPSGE as a GAMS subsystem: An overview of the modeling framework and syntax. *Computational Economics*, *14*(1-2), 1-46.

Sadoulet, E. & de Janvry, A. (1995). *Quantitative Development Policy Analysis*. Johns Hopkins University Press.

Sancho, F. (2011). Calibration of CES functions for real-world multisectoral modeling. *Economic Systems Research*, *21*(1), 45-58.

Shoven, J. & Whalley, J. (1992). *Applying general equilibrium*. Cambridge: Cambridge University Press.

van der Mensbrugghe, D. (2005). *LINKAGE Technical Reference Document* (Working Paper, No. 46836). World Bank. http://documents.worldbank.org/curated/en/200941468322749541/Linkage-technical-reference-document-version-6-0