

LOS MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL APLICADO: UNA REVISIÓN DE LOS  
PRINCIPALES CAMPOS DE APLICACIÓN A NIVEL INTERNACIONAL

*APPLIED GENERAL EQUILIBRIUM MODELS: A REVISION THROUGH THE  
MAIN APPLICATION FIELDS IN AN INTERNATIONAL LEVEL*

*Manuel Alejandro Cardenete*  
Universidad Pablo de Olavide  
macardenete@upo.es

Recibido: junio de 2009; aceptado: octubre de 2009

RESUMEN

En los últimos años, la modelización de equilibrio general se ha convertido en un área muy fructífera de investigación económica. El objetivo de este artículo es presentar las diferentes aplicaciones que los modelos de equilibrio general han tenido desde su aparición a nivel internacional. Incluimos, además, las últimas tendencias en modelización en equilibrio general aplicado, orientadas a la inclusión del medioambiente como uno de los campos de mayor desarrollo.

*Palabras clave:* Modelos de equilibrio general aplicado; Matriz de contabilidad social; Modelos de simulación.

*Clasificación JEL:* C67, C68, D57, D58.

ABSTRACT

In recent years, the general equilibrium modelling has become a very active research area in economics. The goal of this paper is to present the contributions of computable general equilibrium models which have been applied at international levels. We also include the last tendencies as environmental analysis in CGE, one of the research fields for this type of modelizations.

*Keywords:* Computable General Equilibrium Models; Social Accounting Matrix; Simulation Models.

*Clasificación JEL:* C67, C68, D57, D58.



## 1. DESDE LA TEORÍA DEL EQUILIBRIO GENERAL AL EQUILIBRIO GENERAL APLICADO

Si acudimos al origen histórico de la teoría del equilibrio general, tendremos que remontarnos a la escuela de la utilidad marginal, o neoclásica donde de forma independiente Gossen (1854), Jevons (1871) y Walras (1874) –quienes usaron notaciones matemáticas–, y Menger (1871) –que no las usó–, dieron los primeros pasos para el desarrollo la teoría del equilibrio general, precursora de este tipo de modelización. De todas formas el autor más efectivo y trascendente a quien se le puede atribuir la paternidad de la misma fue Walras (1874). Aunque hay que esperar a la década de los años 30 del siglo XX para el paso del plano teórico al aplicado, donde surgieron debates sobre la factibilidad de calcular asignaciones de recursos que fueran óptimas en el sentido de Pareto en una economía socialista y susceptible de uso por los planificadores (véase Von Mises (1920), Hayek (1940), Robbins (1934) y Lange (1936)). El subsiguiente desarrollo, realizado por Leontief (1941) con el *análisis input-output*, en un intento de reconducir la teoría de Walras al plano empírico y, en definitiva, de acercarlo a la política económica, fue el paso más decisivo.

Posteriormente, los modelos lineales y no lineales de planificación en los años 50 y 60, basados en los trabajos de Kantorovich (1939), Koopmans (1947) y otros, se vieron como una mejora de las técnicas input-output mediante la introducción de la optimización y el primer intento de desarrollar un equilibrio general aplicable.

En los años cincuenta, la atención había girado desde una derivación de la estática comparativa a demostrar la existencia del equilibrio. Wald (1951) ya había defendido hacía tiempo la ley de Walras y había provisto las pruebas necesarias para la demostración de la existencia del equilibrio. El uso del cálculo diferencial, el análisis topológico y la teoría de la convexidad, dieron lugar a que autores como Arrow y Debreu (1954) y otros fueran capaces de demostrar la existencia del equilibrio para modelos muy generales. El principal instrumento matemático utilizado fue, como ya comentamos anteriormente, el teorema del punto fijo de Brouwer.

Scarf (1973) desarrolló un algoritmo computacional para encontrar los puntos fijos que satisficieran las condiciones del teorema de punto fijo

de Brouwer. Este algoritmo podía ser usado para calcular el equilibrio de modelos económicos.

Muchos de los primeros modelos de equilibrio general utilizaron este algoritmo para su resolución. Algunos de los modelos actuales continúan basándose en este método, aunque también se usan variaciones más rápidas desarrolladas por Merrill (1971), Eaves (1974), Kuhn y McKinnon (1975), Van der Laan y Tälman (1979) y Broadie (1984). De éstas, la de Merrill es la más utilizada. También pueden utilizarse métodos de tipo Newton o técnicas de linealización local. Aunque la convergencia no está garantizada, estos últimos métodos pueden ser tan rápidos, si no más, que los anteriores.

Otra aproximación, implícita al trabajo de Harberger (1962), consistió en utilizar un sistema de equilibrio linealizado resolviendo, para obtener un equilibrio aproximado, y en algunos casos para mejorar un estimador inicial, mediante procedimientos multi-etapas de forma que los errores de aproximación eran eliminados. Este método fue también adoptado por Johansen (1960), y mejorado por Dixon, Parmenter, Ryland y Sutton (1982); de Melo y Robinson (1980), entre otros, realizando los primeros modelos de equilibrio general aplicado, propiamente dichos.

Los costes de ejecución de los modelos actuales parecen manejables. Ya han aparecido programas estándar de ordenador capaces de realizar un completo ajuste de la secuencia de datos, calibración y cálculo del equilibrio. Entre los más extendidos podemos citar los siguientes: GEMODEL, GEMPACK y GAMS –con sus diferentes *solvers* como el MPS/GE, MINOS o CONOPT–. Parece que el problema en la actualidad no se encuentra en la obtención del equilibrio sino, al igual de lo que ocurre en otros campos de la teoría económica, en la imposibilidad de conseguir datos para la especificación de los parámetros y en la habilidad de los economistas para dicha especificación.

## 2. ESTRUCTURA DE UN MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL APLICADO

Podemos decir que los modelos de equilibrio general han sido tradicionalmente empleados para analizar los efectos de cambios en la política económica, como la imposición de una tarifa o cuota sobre bienes importados, la aparición de subsidios a la exportación o la modificación del impuesto sobre la renta. Igualmente útiles para estudiar las consecuencias de un incremento en el precio o reducción en la oferta de bienes importados como el petróleo, los efectos de caídas inesperadas en la oferta de bienes, o una mayor regulación en el sector industrial.

En cada uno de estos casos, a los parámetros del modelo se les pide que alcancen niveles de precios y outputs que den solución al modelo de equilibrio general antes del cambio. A continuación, se realiza un nuevo cálculo, utilizando cualquiera de los algoritmos resolutorios disponibles, se predecirán las consecuencias del cambio propuesto sobre las variables económicas

significativas: precios, niveles de output, ingresos del gobierno y la nueva distribución de la renta entre los consumidores.

De forma más extendida podemos decir que los modelos de equilibrio general aplicado establecen primero la conducta de un consumidor individual típico; éste, busca la maximización de su utilidad sujeto a restricciones físicas y económicas. Se determinan así las curvas de demanda para los diferentes bienes y, una vez agregados todas las demandas individuales para todos los bienes, se obtiene una demanda de mercado para cada bien, servicio o factor de producción. A continuación se establecen las ofertas individuales de las empresas, que se supone que tratan de maximizar beneficios sujetos a restricciones, y luego se agregan las ofertas individuales para cada bien. Una vez que se obtienen las ofertas y demandas para cada bien se puede investigar si existe uno o varios precios en cada mercado, que igualen las ofertas y demandas agregadas. Esto determinará un vector de precios que vaciará todos los mercados de la economía. Cada uno de los agentes habrá obtenido sus demandas y ofertas individuales buscando su máxima satisfacción, siendo dicho vector de precios compatible con las decisiones descentralizadas de los agentes. Dicha asignación, una vez alcanzado un estado de equilibrio, poseerá propiedades óptimas. A partir de esta situación de equilibrio, se estará en condiciones de realizar la simulación y analizar los efectos de las diferentes políticas aplicadas.<sup>1</sup>

Un modelo de equilibrio general tradicional identifica grupos de consumidores. Cada grupo poseerá unas dotaciones iniciales de bienes y un conjunto de preferencias. De estas últimas se derivan unas funciones de demanda para cada bien, siendo las demandas de mercado la suma de las demandas individuales de cada consumidor. Las demandas de mercado de los bienes dependen de todos los precios, son continuas, no-negativas, homogéneas de grado cero y satisfacen la ley de Walras. En el lado de la producción, la tecnología viene descrita por actividades con rendimientos constantes a escala o por funciones con rendimientos decrecientes y los productores maximizan beneficios.

La homogeneidad de grado cero de las funciones de demanda y la homogeneidad lineal de los beneficios respecto a los precios, implica que sólo son significativos los precios relativos; el nivel de precios absoluto no tiene ningún impacto en el equilibrio resultante. Por lo tanto, el equilibrio viene caracterizado por *un conjunto de precios relativos y unos niveles de producción de cada industria para los cuales la demanda de mercado iguala la oferta para todos los bienes*. El supuesto de que los productores maximizan beneficios implica que en el caso de rendimientos constantes a escala ninguna actividad ofrece beneficios económicos positivos a los precios de mercado.

<sup>1</sup> El esquema que hemos presentado de elaboración de un modelo de equilibrio general, responde al planteamiento tradicional, donde se modeliza bajo la hipótesis de competencia perfecta. Algunos autores como T. Negishi: (1961); R. Radner (1968), G. Bonano (1990) y D. J. Brown, P. M. DeMarzo y B. C. Eaves (1996), han trabajado en la modelización de los modelos de equilibrio general bajo condiciones de competencia imperfecta.

Resulta evidente que este modelo de equilibrio general tradicional no es el único con el que podemos contar. La elección de la forma funcional específica depende normalmente de cómo serán utilizadas las elasticidades en el modelo. El método más utilizado consiste en seleccionar aquella forma funcional que permita mejor la incorporación de los valores de los parámetros claves (como las elasticidades precio y renta), intentando no perjudicar el tratamiento del modelo. Esta es la razón fundamental por la que se usan formas funcionales perfectamente conocidas sus propiedades (Cobb-Douglas, Elasticidad de Sustitución Constante (CES), Sistema Lineal de Gasto (LES), Translog, Generalizada de Leontief u otras formas flexibles).

Una vez solucionado el primero de los problemas, nos enfrentamos con otro obstáculo a salvar: el cálculo de los valores de los parámetros que definen las relaciones funcionales anteriores y que es esencial para el resultado de la simulación en este tipo de modelos. Una vez determinada la estructura del modelo es necesario especificar los parámetros de las funciones que permiten hacerlo operativo. No pocos han sido los artículos dedicados al estudio de los procedimientos de especificación numérica antes del cálculo del modelo. Podemos resumir las principales formas de obtención de dichos valores en dos: procesos de calibración determinista y estimación econométrica.

Con respecto al primero, decir que ha sido el procedimiento más utilizado<sup>2</sup>. Se asume que la economía estudiada, representada por una base de datos empíricos, se encuentra en equilibrio de partida, es decir, en lo que se ha llamado *benchmark equilibrium*. Los parámetros del modelo son entonces calculados de forma que el modelo teórico reproduzca los datos empíricos como una solución de equilibrio del modelo.

Una de las principales características de este procedimiento de calibración es que ha generado tanto interés como críticas dado que no existe un test estadístico que contraste la especificación del modelo resultante del mismo. El procedimiento de cálculo es determinista. Esto supone que se asume que los datos de referencia representan un equilibrio para la economía analizada, y los valores de los parámetros requeridos son entonces calculados utilizando las condiciones de optimización de los agentes. Si estas condiciones no son suficientes para identificar el modelo, se especifican exógenamente algunos valores de parámetros, generalmente las elasticidades, hasta que el modelo esté identificado. Estos valores están basados normalmente en bases de datos existentes y de vez en cuando, en estimaciones adicionales. En contraste con el trabajo econométrico, que acostumbra a simplificar la estructura de los modelos para conseguir una mayor riqueza en términos estadísticos, el procedimiento en este tipo de modelos es el contrario. Quizás el deseo de hacer más perfecto el modelo económico va en detrimento de las propiedades estadísticas del modelo.

<sup>2</sup> El trabajo de A. Mansur y J. Whalley (1984) recoge perfectamente el procedimiento de cálculo de los parámetros denominado calibración. Ya J. Meade y R. Stone (1957) investigaron la desagregación de las Cuentas Nacionales para hacer posible su estudio por sectores. A su vez, F. St-Hilare y J. Whalley (1983) diseñaron una base de datos para desarrollar un modelo de equilibrio general.

En la práctica, los datos utilizados en la calibración que representan los equilibrios de referencia, se obtienen a partir de la Contabilidad Nacional y otros datos proporcionados por las instituciones gubernamentales. Estos datos (flujos de bienes, servicios y renta para un período determinado o período de referencia) deben ser recopilados y ordenados de forma que sean operativos. La forma más consistente es a través de la base de datos que se conoce con el nombre de *Social Accounting Matrix*. Una SAM incluye los datos correspondientes a las transacciones entre las empresas, las dotaciones iniciales de los distintos consumidores y las cantidades demandadas por ellos de los bienes y servicios de consumo, la descomposición sectorial del valor añadido para los sectores productivos, los impuestos y las transferencias entre el gobierno y los agentes privados, las transacciones de la economía con el sector exterior, etc.

Como hemos dicho, la base de datos de la SAM tiene que ser consistente. Ello implica que tiene que ser compatible con los distintas fuentes estadísticas: el valor del PIB de la Contabilidad Nacional puede diferir del que aparece en las tablas input-output, las cifras de gasto de consumo de la Contabilidad Nacional son distintas a las que proporcionan las tablas input-output y la Encuesta de Presupuestos Familiares... La compatibilidad de las fuentes informativas se efectúa adoptando una jerarquía de las mismas. Las Tablas Input-Output o la Contabilidad Nacional, suelen ser las que se encuentran en el vértice superior de esta jerarquía. Una vez ajustada ésta, se van ajustando las demás fuentes.

### 3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL APLICADO

El desarrollo que la modelización del equilibrio general aplicado ha tenido en los últimos años no ha eximido a este instrumental de limitaciones, que aún siendo algunas de ellas subsanadas, otras por contra continúan permaneciendo en el fondo metodológico del mismo. Algo, por otro lado, común en la Ciencia Económica en general e inherente a cualquier modelización.

Por ejemplo, la problemática principal viene dada principalmente por el problema endémico de unir teoría y realidad. Los modelos de equilibrio general aplicado precisan de una base empírica para su cómputo. Dicha base ha de representar lo más fielmente la realidad y a la vez ha de ser lo suficientemente sencilla como para que pueda ser manejada. Podemos enumerar como los principales problemas en la modelización los siguientes<sup>3</sup>:

1. El modelo. La elección de las formas funcionales del modelo, el tipo de elasticidad de las mismas, el tratamiento de los impuestos,... son algunos de los primeros problemas que se encuentra el investigador a la hora de modelizar una economía determinada.
2. La desagregación. Si se encuentra superada la primera fase, el problema pasa a ser el grado de desagregación del modelo. Dicha desagregación

<sup>3</sup> Véase Whalley, J. (1985a), para una mayor exposición de estas limitaciones.

- y el grado de detalle va a dar robustez y credibilidad a los resultados de la simulación.
3. Datos y valores de los parámetros. Una vez que ya lo anterior se encuentra solventando, surge el problema impuesto por lo datos y los parámetros que integran el modelo. La estimación mediante técnicas econométricas de los parámetros que definen las diferentes funciones del modelo se convierte en inviable en la práctica debido a la gran cantidad de estimaciones necesarias. Se han construido modelos donde los parámetros a estimar superan los 20.000, por lo que estimar econométricamente los mismos es una tarea prácticamente imposible. La construcción de una base de datos consistente con la realidad (la denominada *SAM*) y a partir de ahí definir un equilibrio general que cumpla las condiciones impuestas al modelo, suele ser la técnica más utilizada. En algunos casos se complementa con información estimada econométricamente. La construcción de la *SAM*, aunque pueda parecer una forma sencilla de solventar el problema, no es algo fútil, y mucho menos de sencilla construcción debido a la gran cantidad de fuentes estadísticas necesarias para su elaboración.
  4. Contraste y validación del modelo. Otro de los principales problemas de esta metodología es la falta de tests estadísticos que confirmen la validez de las especificaciones realizadas en el mismo. La mayoría de los modelos de equilibrio general son calibrados a partir de una base de datos de un año en concreto, por lo que no pueden utilizarse procedimientos econométricos de validez del modelo salvo sencillos tests de análisis de sensibilidad de algunos de los parámetros que incluye el modelo.
  5. Transmisión de los resultados. Por último, existe un problema añadido en la modelización del equilibrio general aplicado, no relativo a su elaboración, sino a su posterior aplicación real. La necesidad de hacerlo lo más rico posible al modelo se ve enfrentado con la sencillez necesaria para la explicación del mismo a los que al final van a tener que tomar una decisión a partir del modelo, esto es, a los *policy makers*. Este problema es normal en los grandes modelos econométricos y el esfuerzo de transmitir fiel y sencillamente la estructura del modelo se convierte en un problema a veces insalvable.

Todo lo anterior nos hace llegar a la conclusión de que los modelos de equilibrio general aplicado descansan, en buena parte, en el elevado grado de discrecionalidad que poseen, siendo el investigador el que va imponiendo restricciones y soluciones al modelo conforme se va desarrollando. Como contrapartida, la principal ventaja es que este instrumental constituye un claro puente entre el análisis teórico y aplicado para la política económica. Entre las líneas de desarrollo en el análisis del equilibrio general aplicado abiertas tenemos:

1. La reducción en el tamaño de los modelos, desagregando específicamente los sectores que interesen para el análisis aplicado. Es decir, modelos más pequeños y específicos. En esta línea también parece claro que la regionalización del análisis está siendo uno de los pasos más importantes de los últimos años.
2. El desarrollo de "equilibrio general econométrico", donde los modelos se definan y estimen de forma más compleja el comportamiento de los consumidores o los productores. Es decir, analizar sistemas de equilibrio general desde el punto de vista de la econometría. La obtención de los parámetros será más apropiada y la posibilidad de validar los modelos más factible.
3. Otra línea de desarrollo es la de definir los modelos de forma que se puedan percibir las ganancias o pérdidas de bienestar a partir de las distorsiones que se generen en el modelo.

Por último, y fuera ya un poco de la modelización estrictamente, una línea de actuación que se está desarrollando es la de actuar de forma conjunta grupos de investigadores. La necesidad de dominar la teoría del equilibrio general, programar, controlar las bases de datos, estar familiarizado con la estimación de parámetros, tener un gran conocimiento de las diferentes figuras impositivas e institucionales y ser capaz de interpretar los resultados, obliga a dirigir los esfuerzos de la investigación a grupos de investigadores que cubran todas y cada una de las áreas, en vez de ser un solo investigador quien elabore un modelo de principio a fin.

#### 4. PRINCIPALES CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL APLICADO A NIVEL INTERNACIONAL

Una de las mayores virtudes de los modelos de equilibrio general es su capacidad para explicar las consecuencias de grandes cambios en un sector particular, en relación con la economía en su conjunto. Las consecuencias de un cambio en una política económica son analizadas frecuentemente asumiendo que los cambios son pequeños y usando aproximaciones lineales basadas en estimaciones de las elasticidades relevantes. Si el número de sectores es pequeño, las técnicas de análisis de los modelos de dos sectores usados en la teoría del comercio internacional se utilizan igualmente. Pero si el modelo es desagregado y los cambios son más de uno, no hay otra opción que acudir a la construcción de modelos numéricos de equilibrio general de la economía a estudiar.

Repasando las aplicaciones pioneras de este tipo de modelización, encontramos las que han sido las principales áreas en las que los modelos de equilibrio general aplicado han tenido una mayor proliferación han sido las siguientes:

#### *a) Análisis de políticas fiscales*

En el área de la imposición, desde los primeros modelos con dos sectores de Harberger (1962) y Shoven y Whalley (1972), se ha pasado a modelizar a mayor escala como los de Piggott y Whalley (1977) para Gran Bretaña; Ballard, Fullerton, Shoven y Whalley (1985) para los Estados Unidos; Kehoe y Serra-Puche (1981) para Méjico; Keller (1980) para Holanda y Piggott (1980) para Australia, entre otros. Se trata del área donde mayor profusión y desarrollo ha tenido esta modelización económica.

#### *b) Análisis de políticas comerciales*

El análisis de equilibrio general aplicado al estudio de políticas comerciales ha girado en torno a la problemática del proteccionismo y sus consecuencias sobre la eficiencia y el bienestar de una economía. Los modelos de comercio los podemos clasificar en dos grandes grupos. Por una parte se encuentran los modelos de economías pequeñas (economías cerradas), cuya característica principal es la endogeneidad de todos los precios del sistema económico en consideración. Y por otro lado, los modelos de grandes economías (economías abiertas) que incorporan el supuesto de exogeneidad de los precios de los bienes comerciales.

Podemos citar entre otros, los modelos globales de equilibrio general desarrollados por Deardof y Stern (1986) y Whalley (1985b) que han sido utilizados para la evaluación de las opciones de política en las rondas de negociación del GATT. Un intento de modelización a gran escala realizado por Dixon, Parmenter, Sutton y Vicent (1982) para Australia ha sido usado por los organismos gubernamentales para evaluar las diferentes opciones de comercio de dicho país. Por otro lado, un grupo de modelos desarrollados por el Banco Mundial para diferentes países (Dervis, De Melo y Robinson (1982)) han sido utilizados para proporcionar información a las decisiones de los países prestatarios, así como diferentes opciones de liberalización del comercio para diversos países en vías de desarrollo.

#### *c) Análisis de políticas migratorias*

Los modelos de equilibrio general aplicado también se han utilizado para el estudio de los movimientos de la población. Se han desarrollado tanto desde el punto de vista puramente urbano, como puede ser el trabajo de King (1977); o desde un punto de vista regional, como el análisis desarrollado por Kehoe y Noyola (1991) para la economía mexicana, donde se analizan los efectos de políticas fiscales alternativas sobre la emigración desde las áreas rurales a las áreas urbanas.

#### *d) Análisis de políticas interregionales*

El análisis de los efectos de políticas interregionales también ha sido abarcado por este instrumental donde encontramos entre otros los trabajos de Jones y Whalley (1986) donde desarrollan un modelo regional de Canadá

que también hace énfasis en las cuestiones relativas a la movilidad parcial del trabajo. También tenemos a Serra-Puche (1984), que lo desarrolla para la economía mexicana; o Ginsburgh y Waelbroeck (1981) para la economía india.

*e) Análisis de políticas agrarias*

Como ejemplo tenemos los trabajos de Keyzer y Wim (1994) en su análisis de las políticas alimenticias en Indonesia; o como el trabajo de Parikh (1994), realizado para la política agrícola india, centrando su atención en el sistema público de distribución (PDS), según el cual el gobierno procura y ofrece algunos bienes de primera necesidad (v.gr.: arroz, azúcar, aceite, harina y gasolina) a precios inferiores a los de mercado; o como el de Golden y Knudsen (1992), que versa sobre los efectos de la liberalización comercial de la agricultura.

*f) Análisis de políticas de estabilización*

Los shocks exteriores adversos experimentados por la mayoría de los países desarrollados durante el principio de los ochenta, con caída de las exportaciones, pérdida en términos de comercio exterior, altos tipos de interés, e incrementos de la deuda debido a la apreciación del dólar, junto con el descenso de los beneficios de los bancos comerciales, llevaron a drásticos ajustes. Los programas de ajuste fueron frecuentemente dibujados por el FMI y el Banco Mundial separadamente, más que conjuntamente, la mayoría de las veces.

Estos programas se caracterizaron por un énfasis simultáneo sobre la demanda, a la hora de reducir las depresiones a corto plazo, y medidas sobre el lado de la oferta, que permitieran mayor eficiencia a través de ajustes estructurales. Los dos componentes de la estrategia (estabilización y ajuste estructural) no se encontraban separados de cualquier forma, debido en parte a la amplitud de los ajustes requeridos.

Los macromodelos y los modelos de equilibrio general estándares se han mostrado inadecuados a la hora de analizar el problema: las elevadas agregaciones de los macromodelos tienden a tener en cuenta los desplazamientos de recursos entre sectores y clases, y por otro lado, en los modelos estándares de equilibrio general, el dinero es neutral y solamente afecta a los precios relativos. No existe un camino teóricamente satisfactorio para estudiar la inflación, las rigideces salariales nominales, o las políticas nominales de tipo de cambio con los modelos de equilibrio general tradicionales. Por esta razón, algunos economistas han desarrollado modelos a los que se refieren como “modelos financieros de equilibrio general”. Estos modelos intentan integrar el dinero y los activos financieros en la estructura multisectorial y multiclasista de los modelos de equilibrio general. A pesar de todo no existe consenso, hasta ahora, acerca de la introducción o no del dinero y los activos financieros en la teoría del equilibrio general. Autores como Lewis (1994) estudiando el caso de Turquía; o Fargeix y Sadoulet (1994) sobre el Ecuador, han contribuido a su estudio.

*g) Modelización en competencia imperfecta*

El análisis de políticas fundadas en la teoría económica clásica está basado en la hipótesis de la existencia de equilibrio competitivo. Sabemos que en la realidad esto no siempre ocurre y existen mercados monopolísticos, oligopolios, competencias monopolísticas, externalidades, economías de escala..., en definitiva, mercados con diferentes grados de imperfección.

Esto no ha escapado a los economistas que han desarrollado modelos de equilibrio general y han intentado incluir en sus modelizaciones estas connotaciones. Entre ellos, tenemos los trabajos de Negishi (1961), que sugiere por primera vez que el análisis del equilibrio parcial en la teoría de la competencia monopolística debe ser extendido al análisis del equilibrio general; Radner (1968), que desarrolla un modelo de equilibrio general en condiciones de incertidumbre; Krugman (1979), que estudia el modelo con diferenciación en los productos, intentando acercar más a la realidad el análisis del equilibrio general aplicado; Dixon (1987), que analiza en el marco macroeconómico del equilibrio general la posibilidad de la competencia imperfecta; Bonano (1990), que defiende el desarrollo de una teoría general del equilibrio en competencia imperfecta. De Melo y Roland-Holst (1994), que estudian un modelo de equilibrio general multisectorial de la economía coreana, examinan en él si las tarifas a la importación y los subsidios a la exportación pueden ser combinados para promover el desarrollo de sectores con rendimientos a escala y comportamiento oligopolista; Ginsburgh (1994), que desarrolla el modelo bajo un escenario monopolístico; y por último, Brown, De Marzo y Eaves (1996), que investigan la existencia de modelos de equilibrio general para economías con mercados de activos incompletos.

*h) Modelización de intercambios intertemporales*

Todos los análisis anteriores tienen algo en común: sólo tienen en cuenta el pasado y el presente a la hora de tomar las decisiones. Los modelos resultantes son estáticos. El tratamiento intertemporal de las decisiones de intercambio permiten a los modelos pasar a un terreno dinámico. Trabajos en esta línea pueden ser los de Benjamin (1994), sobre las expectativas de inversión en Bolivia, Camerún e Indonesia; Blitzer, Eckaus, Lahiri y Meeraus (1994), sobre el impacto de las restricciones de extracción de carbón en Egipto; Mercenier y Sampaño de Souza (1994), sobre el ajuste estructura de la economía brasileña; y el de Berthélémy y Bourguignon (1994), sobre las relaciones Norte-Sur-OPEP.

Finalmente y para concluir este breve repaso, debido a la versatilidad de los modelos de equilibrio general aplicado, se ha ido extendiendo el uso de estos modelos a áreas específicas donde anteriormente no tenían cabida análisis de tipo global y donde apenas existían trabajos muy formalizados de medidas de impacto como en el análisis tradicional del medio ambiente, los ciclos económicos o la economía del desarrollo, entre otros.

CUADRO 1: PRINCIPALES APLICACIONES DE LOS MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL APLICADO A NIVEL INTERNACIONAL

TIPO DE ANÁLISIS	AUTOR/RES	APLICACIÓN
Políticas Fiscales	Harberger (1962) Shoven y Whalley (1972) Piggott y Whalley (1977) Ballard et alia (1985) Kehoe y Serra-Puche (1983) Keller (1980) Piggott (1980)	Economía con dos sectores  Gran Bretaña EE.UU. Méjico Holanda Australia
Políticas Comerciales	Whalley (1985) Deardof y Stern (1986) Dixon et alia (1982) Dervis et alia (1982)	Rondas del GATT  Australia Banco Mundial
Políticas Migratorias	King (1977) Kehoe y Noyola (1991)	Urbano Regional (Méjico)
Políticas Interregionales	Ginsburgh y& Waelbroeck (1981) Serra-Puche (1984) Jones y Whalley (1986)	India Méjico Canadá
Políticas Agrarias	Golden y Knudsen (1992) Keyzee y Wim (1994) Parikh (1994)	Liberalización comercial Indonesia India
Políticas de Estabilización	Lewis (1994) Fargeix y Sadoulet (1994)	Turquía Ecuador
Competencia Imperfecta	Negishi (1961) Radner (1968) Krugman (1979) Dixon (1987) Bonano (1990) De Melo y Roland-Holst (1994) Ginsburgh (1994) Brown et alia (1996)	Competencia Monopolística Incertidumbre Diferenciación de pdtos. Competencia Imperfecta  Rendimientos a Escala Monopolio Mdos. Activos Incompletos
Análisis Medioambiental	And Andre, Cardenete y Velázquez (2006); O'Ryan et al (2005), Schafer y Jacoby(2005), Willenbockel (2004), Yao y Liu (2000), Nijkamp, Wang y Kremers (2005), Kremers, Nijkamp y Wang (2002), Böhringer, Loschel, Rutherford (2006) y Springer (2003).	Ecotasas y/o impuestos medioambientales  Cambio climático
Análisis Multicriterio	André y Cardenete (2009) y André, Cardenete y Romero (2008 y 2009).	

Fuente: Elaboración propia.

*ij Modelización del medioambiente*

Concentrándonos en los relativos al medio ambiente, los modelos de equilibrio general aplicado se han aplicado en los últimos años en esta

materia. Se pueden ver algunas aplicaciones de esta metodología en André, Cardenete y Velázquez (2005), O’Ryan y otros (2005), Schafer y Jacoby (2005), Willenbockel (2004), Yao y Liu (2000). Estos modelos también se han aplicado recientemente al análisis del cambio climático en trabajos como los de Nijkamp, Wang y Kremers (2005), Kremers, Nijkamp y Wang (2002), Böhringer, Loschel, y Rutherford (2006) o Springer (2003).

#### *jj) Modelización con modelos multicriterios*

Finalmente y, como muestra de la potencialidad de esta técnica de modelización, se plasma en la posibilidad combinar modelos de equilibrio general aplicado con otras técnicas como el enfoque multicriterio con la modelización del tipo CGE. Esta línea se inició por André y Cardenete (2009) y André, Cardenete y Romero (2008, 2009).

## 5. CONCLUSIONES

El uso de los modelos de equilibrio general como técnica de simulación a nivel internacional ha sido altamente profuso. Este desarrollo pone de manifiesto la versatilidad del equilibrio general aplicado para el estudio de los hechos económicos y el potencial de estos modelos como herramienta de investigación. De una forma más reciente, se están dando pasos en la elaboración de modelos de equilibrio general aplicado a nivel multinacional y entendemos que esta área de estudio debe ampliarse y mejorarse en futuros trabajos. En el terreno práctico, los investigadores se han ido encontrando durante el desarrollo de su trabajo con importantes problemas de desarmonización estadística entre las diferentes fuentes, así como simples deficiencias informativas. Esta falta de información es un problema de difícil solución. Siempre podemos suplir la ausencia de estadísticas con alguna argucia ingeniosa, aunque lo más positivo sería que las instituciones responsables de la elaboración de los datos coordinaran sus esfuerzos y resultados. De esta forma, el investigador se ahorraría tiempo, posibilitando más fácilmente el trabajo empírico.

Para terminar, apuntamos que el desarrollo de técnicas para la solución empírica de los modelos de equilibrio general walrasiano ha abierto el campo de la modelización aplicada y ha permitido la aplicación de modelos en el análisis de muchos mercados simultáneamente. El tipo de marco presentado en este trabajo ayuda a delinear los problemas y señalar áreas fructíferas para una búsqueda futura, proveyendo de un marco para el análisis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

André, F.J, y Cardenete, M.A. (2009): “Designing Efficient Subsidy Policies in a Regional Economy. A MCDM-CGE Approach”, *Regional Studies*, 43 (8), 1035-1046



- André, F.J, Cardenete, M.A. y Romero, C. (2008): "Using Compromise Programming for Macroeconomic Policy Making in a General Equilibrium Framework: Theory and Application to the Spanish Economy", *Journal of Operational Research Society*, 59(7), 875-884.
- André, F.J, Cardenete, M.A. y Romero, C. (2009): "A Goal Programming Approach for a Joint Design of Macroeconomic and Environmental Policies: a Methodological Proposal and an Application to the Spanish Economy", *Environmental Management*, 43, 888-898.
- André, F.J, Cardenete, M. A. y Velázquez, E. (2005): "Performing an Environmental Tax Reform in a Regional Economy. A Computable General Equilibrium Approach", *Annals of Regional Science*, 39, 375-392.
- Arrow, K. J. y Debreu, G. (1954): "Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy", *Econometrica*, 22 (3), 265-290.
- Ballard, C.L., Fullerton, D., Shoven, J. B. y Whalley, J (1985): *A General Equilibrium Model for Tax Policy Evaluation*, University Chicago Press, Chicago.
- Benjamin, N. (1994): "Investment, Expectations, and Dutch Disease, a Comparative Study: Bolivia, Cameroon, Indonesia", en Mercenier, T. y Srinivasan, T. N. (eds.): *Applied General Equilibrium and Economic Development....*, 235-254.
- Berthelémy, J.C. y Bourguignon, F. (1994): "North-South-OPEC Trade Relations in an Intertemporal Applied General Equilibrium Model", en Mercenier, T. y Srinivasan, T. N. (eds.): *Applied General Equilibrium and Economic Development....*, 317-346.
- Blitzer, C. R., Eckaus, R. S., Lahiris, S. y Meeraus, A. (1994): "A General Equilibrium Analysis of the Effects of Carbon Emission Restrictions on Economic Growth in a Developing Country: Egipt", en Mercenier, T. y Srinivasan, T. N. (eds.): *Applied General Equilibrium and Economic Development....*, 255-280.
- Böhringer, C., Löschel, A. y Rutherford, T.F. (2006): "Efficiency Gains from "what"-Flexibility in Climate Policy an Integrated CGE Assessment", *The Energy Journal*, 27, 405-424.
- Bonanno, G. (1990): "General Equilibrium Theory with Imperfect Competition", *Journal of Economic Surveys*, 4 (4), 297-328.
- Broadie, M. (1983): "OCTASOLV User's Guide", *System Optimization Laboratory Technical Report*, 83-9, Department of Operations Research, Stanford University.
- Brown, D. J., DeMarzo, P. M. y Eaves, B. C. (1996): "Computing Equilibria when Asset Markets are Incomplete", *Econometrica*, vol. 64 (1), 1-27.
- De Melo, J. y Robinson, S. (1980): "The Impact of Trade Policies on Income Distribution in a Planning Model for Colombia", *Journal of Policy Modeling*, 2 (1), 81-100.

- De Melo, J. y Roland-Holst, D. (1994): "Tariffs and Export Subsidies when Domestic Markets are Oligopolist: Korea", en Mercenier, T. y Srinivasan, T. N. (eds.): *Applied General Equilibrium and Economic Development....*, 217-234.
- Deardorff, A. V. y Stern, R. M. (1986): *The Michigan Model of World Production and Trade: Theory and Applications*, MIT Press, Cambridge.
- Dervis, K. J., de Melo, J. y Robinson, S. (1982): *General Equilibrium Models for Development Policy*, Cambridge Univ. Press, Nueva York.
- Dixon, H. (1987): "A Simple Model of Imperfect Competition with Walrasian Features", *Oxford Economics Papers*, 39, 143-160.
- Dixon, P. B., Parmenter, B. R., Ryland, G. J. y Sutton, J. (1977): *ORANI: A General Equilibrium Model of the Australian Economy*, First Progress Report of the Impact Project, vol. 2, Australian Government Publishing Service, Canberra.
- Dixon, P. B., Parmenter, B. R., Sutton, J. y Vincent, D. (1982): *ORANI: A Multisectoral Model of the Australian Economy*, North Holland, Amsterdam.
- Eaves, B. C. (1974): "Properly Labelled Simplexes", *Studies in Optimization. MAA Studies in Mathematics*, 10, 71-93.
- Fargeix, A. y Sadoulet, E. (1994): "A Financial Computable General Equilibrium Model for the Analysis of Stabilization Programs", en Mercenier, T. y Srinivasan, T. N. (eds.): *Applied General Equilibrium and Economic Development....*, 147-190.
- Ginsburgh, V. (1994): "In the Cournot-Walras General Equilibrium Model, There May Be "More to Gain" by Changing the Numeraire than by Eliminating Imperfections", en Mercenier, T. y Srinivasan, T. N. (eds.): *Applied General Equilibrium and Economic Development....*, 217-234.
- Ginsburgh, V. y Waelbroeck, J. (1981): *Activity Analysis and General Equilibrium Modeling*, North-Holland, Amsterdam.
- Golden, I. y Knudsen, O. (eds.) (1992): *Modelling the Effects of Agricultural Trade Liberalization on Developing Countries*, Banco Mundial-OCDE, Washington.
- Gossen, H. (1854): *Entwicklung der Gesetze des Menschlichen Verkehrs*, Prager, Berlín, (1927).
- Harberger, A.C. (1962): "The Incidence of the Corporate Income Tax", *Journal of Political Economy*, 70, 215-240.
- Hayek, F. A. (1940): "Socialist Calculation: The Competitive Solution", *Economica*, 7, 125-149.
- Jevons, W. S. (1871): *The Theory of Political Economy*, Kelley and Millman, Nueva York, 5ª Ed. (1957).

- Johansen, L. A. (1960): *A Multisectorial Study of Economic Growth*, North-Holland, Amsterdam.
- Jones, R. y Whalley, J. (1986): "A Canadian Regional Equilibrium Model and Some Applications", mimeo, n° 1. Univ. of Western Ontario.
- Kantorovitch, L. V. (1939): *Mathematical Methods in the Organization and Planning of Production*, Publication House of the Leningrad State University, Leningrado.
- Kehoe, T.J. y Noyola, P. J. (1991): "Un modelo de equilibrio general para el análisis de la emigración urbana en México", *Cuadernos Económicos de ICE*, n° 48, 215-237.
- Kehoe, T. J. y Serra-Puche, J. (1981): "The Impact of the 1980 Fiscal Reform on Unemployment in Mexico", mimeo.
- Kehoe, T.J., Srinivasan, T.N. y Whalley, J. (eds.). (2005): *Applied General Equilibrium Modeling*, Cambridge Univ. Press., Cambridge.
- Keller, W. J. (1980): *Tax Incidence: a General Equilibrium Approach*, North-Holland, Amsterdam.
- Keyzer, M. A. y Wim, C. M. (1994): "Food Policy Simulations for Indonesia: the Fifth Five-Year Plan Period, 1989-93", en Mercenier, T. y Srinivasan, T. N. (eds.): *Applied General Equilibrium and Economic Development....*, 21-64.
- King, A. T. (1977): "Computing General Equilibrium Prices for Spatial Economies", *Review of Economics and Statistics*, 59, 340-350.
- Koopmans, T. C. (1947): "Computing Utilization of the Transportation System", *Proceedings of the International Statistical Conferences*, Washington, D. C.
- Kremers, H.; Nijkamp, P. y Wang, S. (2002): "A Comparison of Computable General Equilibrium Models for Analyzing Climate Change Policies", *Journal of Environmental Systems*, 28, 41–65.
- Krugman, P.: (1979): "Increasing Returns, Monopolistic Competition and International Trade", *Journal of International Economic*, 9, 469-479.
- Kuhn, H. W. y McKinnon, J. G. (1975): "The Sandwich Method for Finding Fixed Points", *Technical Report*, Princeton University.
- Lange, O. (1936): "On the Economic Theory of Socialism", *Review of Economic Studies*, 4, 53-71.
- Leontief, W. (1941): *The Structure of American Economy, 1919-1924: an Empirical Application of Equilibrium Analysis*, Harvard Univ. Press, Cambridge.
- Lewis, J. D. (1994): "Macroeconomic Stabilization and Adjustment Policies in a General Equilibrium Model with Financial Markets: Turkey", *Applied General Equilibrium and Economic Development....*, 101-146.

- Mansur, A. y Whalley, J. (1984): "Numerical Specification of Applied General Equilibrium Models: Estimation, Calibration, and Data", en H. Scarf y Shoven, J. B.: *Applied General Equilibrium Analysis*, 69-127.
- Meade, J. y Stone, R. (1957): *National Income and Expenditure*, London, Bowes and Bowes.
- Menger, C. (1871): *Principles of Economics*, Glencoe, Ill, Free Press, (1950).
- Mercenier, J. y Sampaio de Souza, M. da C.: (1994): "Structural Adjustmen and Growth in a Highly Indebeted Market Economy: Brazil", en Mercenier, T. y Srinivasan, T. N. (eds.): *Applied General Equilibrium and Economic Development....*, 281-316.
- Merril, O.H. (1971): "Applications and Extension of an Algorithm than Computer Fixed Points of Certain Non-empty Convex Upper Semicontinuous Point to Set of Mappings", *Technical Report*, n° 71-77, Dpt. Industrial Engineering, University of Michigan.
- Negishi, T. (1961): "Monopolistic Competition and General Equilibrium", *Review of Economic Studies*, 28 (77), 196-201.
- Nijkamp, P.; Wang, S. y Kremer, H. (2005), "Modeling the Impacts of International Climate Change Policies in a CGE Context: The Use of the GTAP-E Model" *Economic Modelling*, 22, 955-974.
- O'ryan, R.; De Miguel, C., Millar, S. y Munasnighe, M. (2005), "Computable General Equilibrium Model Analysis of Economywide cross effects of social and environmental policies in Chile", *Ecological Economics*, 54, 447-472.
- Pareto, V. (1909): *Manual of Political Economy*, Kelley, Nueva York, (1971).
- Parikh, K. S. (1994): "Agricultural Price Policy in India: Some Explorations", en Mercenier, T. y Srinivasan, T. N. (eds.): *Applied General Equilibrium and Economic Development....*, 65-100.
- Peleg, B. y Yaari, M. E. (1970): "Markets with Countably Many Commodities" *International Economic Review*, 11(3), 369-377.
- Piggott, J. R. (1980): "A General Equilibrium Evaluation of Australian Tax Policy", tesis doctoral inédita, Univ. of London.
- Piggott, J. R. & Whalley, J. (1977): "General Equilibrium Investigations of U.K. Tax Subsidy Policy: a Progress Report", en Nobay, A. R. y Artis, M. J. (eds.): *Studies in Modern Economic Analysis*, Basil Blackwell, Oxford, 378-401.
- Radner, R. (1972): "Existence of Equilibrium Plans, Prices and Price Expectations in a Sequence of Markets", *Econometrica*, 40 (2), 289-303.
- Robbins, L. C. (1934): *The Great Depression*, McMillan, Londres.
- Scarf, H. (1973): *The Computation of Economic Equilibria*, en colaboración con T. Hansen, Yale Univ. Press, New Haven.

- Scarf, H. y Shoven, J. B. (eds.) (1984): *Applied General Equilibrium Analysis*, Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Schafer, A. y Jjacoby, H.D. (2005), "Technology detail in a Multisector CGE Model: Transport under Climate Policy", *Energy Economics*, 27, 1-24.
- Serra-Puche, J. (1981): *Políticas fiscales en México: un enfoque de equilibrio general*, El Colegio de México, Ciudad de México.
- Serra-Puche, J. (1984): "A General Equilibrium Model for the Mexican Economy", en H. Scarf y J. B. Shoven: *Applied General Equilibrium Analysis*, 447-481.
- Shoven, J. B. y Whalley, J. (1972): "A General Equilibrium Calculation of the Effects of Differential Taxation of Income from Capital in the U.S.", *Journal of Public Economics*, 1, 281-321.
- Shoven, J. B. y Whalley, J. (1984): "Applied General Equilibrium Model of Taxation and International Trade: an Introduction and Survey", *Journal Economic Literature*, 22, 1007-1051.
- Shoven, J. B. y Whalley, J. (1992): *Applying General Equilibrium*, Cambridge Univ. Press., Nueva York.
- Springer, K. (2003), *Climate Policy in a Globalizing World: A CGE Model with Capital Mobility and Trade*, Kieler Studien, Springer.
- Srinivasan, T. N. y Whalley, J. (eds.): (1986): *General Equilibrium Trade Policy Modeling*, MIT Press, Cambridge.
- St-Hilare, F. y Whalley, J.: (1983): "A Microconsistent Data Set for Canada for Use in Tax Policy Analysis", *The Review of Income and Wealth*, 83 (1), 7-30.
- Van der Laan, G. y Talman A. J. (1979): "A Research Algorithm without an Artificial Level for Computing Fixed Points on Unbounded Regions", en Herdelberg, H. O. W. (ed.): *Functional Equations and Approximations of Fixed Points*, Springer Verlag.
- Von Mises, L. (1920): "Die Wirtschaftsrechnung in Socialistischen Gemeinwesen", *Archif für Socialwissenschaften*, 47, traducción al inglés en F. A. Hayek (1935): *Collectivist Economic Planning*, Londres.
- Wald, A. (1951): "On Some Systems of Equations of Mathematical Economics", *Econometrica*, 19 (4), 368-403.
- Walras, L. (1874): *Elementos de Economía Política Pura*, Alianza Editorial, Madrid, (1987).
- Whalley, J. (1985a): "Hidden Challenges in Recent Applied General Equilibrium Exercises", *Working Paper*, n° 8511C, Univ. of Western Ontario.
- Whalley, J. 1985b): "Operationalizing Walras: Experience with Recent Applied General Equilibrium Tax Models", *Working Paper* 8534C, Univ. of Western Ontario.

- Whalley, J. (1986): "What Have we Learned from General Equilibrium Tax Policy Models?", *Working Paper*, n° 8625C, Univ. of Western Ontario.
- Whalley, J. (1991): "La modelización del equilibrio general aplicado", *Cuadernos Económicos de ICE*, 48, 180-195.
- Willenbockel, D. (2004), "Specification Choice and Robustness in CGE Trade Policy Analysis with Imperfect Competition", *Economic Modelling*, 21, 1065-99.
- Yao, S. y Liu, A. (2000), "Policy Analysis in a General Equilibrium Framework", *Journal of Policy Modeling*, 22, 589-610.

