

Ensayo sobre Equilibrio General Computable: Teoría y Aplicaciones¹

Raúl O'Ryan², Carlos J. de Miguel³, Sebastián Miller⁴

RESUMEN

Este documento de trabajo presenta un resumen de la literatura conceptual y aplicada sobre modelos de equilibrio general computables (EGC). Se examinan las principales características de los EGC, las formas en que se construyen, los datos requeridos y métodos de calibración, así como sus ventajas y desventajas. Luego se discuten sus principales aplicaciones tanto en el mundo como en Chile. Por último se presentan potenciales aplicaciones medioambientales para las cuales pueden ser útiles los modelos de EGC, y dentro de éstas el debate sobre doble dividendo ambiental.

Palabras Claves: Modelos de equilibrio general computable, matriz de contabilidad social (SAM), medio ambiente, doble dividendo.

Clasificación JEL: C68, D58, Q20

¹ Se agradece a la Comisión Nacional de Medio Ambiente de Chile (CONAMA) y al Banco Mundial el apoyo prestado para la elaboración de este artículo. Las opiniones que se presentan en este documento, así como el análisis y las conclusiones son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

² Centro de Economía Aplicada y Programa de Gestión y Economía Ambiental, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.

³ Area de Desarrollo Sustentable, Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile.

⁴ Area de Desarrollo Sustentable, Centro de Análisis de Políticas Públicas y Centro de Economía Aplicada, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.

1.- EL PROBLEMA DE EVALUAR POLÍTICAS PARA EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE

Desde hace más de medio siglo se debate sobre como lograr un mayor crecimiento económico. Más recientemente, en los países desarrollados se ha incorporado la necesidad de un crecimiento más equitativo y ambientalmente balanceado. Considerando la complejidad de modelar una economía con todas sus interrelaciones, agentes y sectores, la práctica común ha sido la de estudiar las políticas económicas, sociales y ambientales, en forma aislada, en un contexto de equilibrio parcial. Desafortunadamente, muchas medidas que afectan, por ejemplo el medio ambiente, inciden también en el crecimiento económico, en la pobreza, empleo o distribución de ingresos. Por ello, para entender a cabalidad los efectos de políticas macroeconómicas sobre el medio ambiente, o de políticas de protección ambiental, o sociales, sobre las variables macroeconómicas, es necesario utilizar modelos capaces de incorporar las complejas interrelaciones entre los diversos sectores y agentes de la economía. Afortunadamente en este medio siglo, se han desarrollado tanto los conceptos, como las herramientas analíticas y computacionales, que permiten implementar tales modelos.

En efecto, en la década de los sesenta el crecimiento y más generalmente el desarrollo económico fue los objetivos centrales de la “planificación económica” de la época. Ya en 1966, Kuznets resaltaba que para alcanzar un crecimiento económico moderno y la llamada industrialización de los países en desarrollo era necesario cambiar drásticamente y sistemáticamente las estructuras tanto productivas como de la demanda, el empleo, la inversión y el comercio internacional. Además, advertía de la relevancia de examinar con cuidado la velocidad y los plazos de estos cambios. Por todo ello era fundamental realizar una profunda planificación del proceso de crecimiento con un nivel de detalle y desagregación importante.

La naturaleza sistemática y estructural de los cambios económicos que se proponía, y la gran velocidad con que estos eran aplicados, generaron consecuencias que mostraron en forma cruda que los sectores productivos, las estructuras comerciales, los diferentes mercados y los agentes en ellos participantes no podían ser considerados, analizados e intervenidos en forma independiente. Cuellos de botella productivos, excesos de oferta sectoriales, demandas insatisfechas, asignaciones ineficientes de recursos, etc., además de la dependencia de las políticas nacionales y sus ajustes estructurales a los eventos internacionales, incrementaron la necesidad de desarrollar modelos multisectoriales cada vez más desagregados. Estos debían proveer un marco útil para entender y planificar los cambios estructurales, resaltando las interrelaciones e interdependencias entre sectores productivos, mercados, agentes, etc., todo ello en un entorno de equilibrio general.

En este contexto los modelos de insumo-producto han sido, desde la década de los sesenta, la principal arma de los encargados de política económica. Sin embargo, éstos adolecen de serios limitantes como su incapacidad para incorporar los mecanismos de mercado y procesos de optimización, sus coeficientes fijos, y la ausencia de variables

sociales. Pese a ello permiten generar relaciones productivas simples en un contexto de equilibrio general.

En los años setenta, preocuparse sólo de las metas de crecimiento y desarrollo empezó a mostrarse como insuficiente. El debate sobre la necesidad de equilibrar crecimiento económico e impactos ambientales había surgido con fuerza a partir de 1972 cuando el Club de Roma sacó su publicación "Limits to Growth". Los encargados de generar políticas económicas y sociales y los agentes económicos en general, habrían de prepararse para la incorporación de nuevas variables relevantes en los procesos de decisión. Los cambios en las estructuras productivas y los modelos de crecimiento aumentaron su complejidad y la definición de estrategias de desarrollo planificadas en forma detallada se hizo aún más necesaria.

En el año 1987 se produjo el siguiente cambio cualitativo. Ese año la Comisión Brundtland definió "desarrollo sustentable" como el desarrollo que permite "lograr las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las necesidades de generaciones futuras". Esta definición en la práctica se ha traducido en que, en una sociedad que se desarrolla, se deben alcanzar simultáneamente objetivos económicos, ambientales y sociales, tanto en el presente y para "futuras generaciones" (Pearce y Turner 1990). Como resultado se plantean ahora una diversidad de objetivos asociados a un desarrollo ambientalmente sustentable, que deben ser recogidos por los modelos de evaluación. Los objetivos económicos consideran la necesidad de crecimiento económico, mayor equidad y eficiencia. Se supera así la noción estrecha de crecimiento económico usada hasta esa fecha. Los objetivos ambientales incluyen preocuparse por la integridad de los sistemas, la biodiversidad, la capacidad de asimilación y los temas globales. Finalmente, los objetivos sociales comprenden los temas de participación, movilidad social, identidad cultural, desarrollo institucional, entre otros.

Desde entonces, el debate sobre desarrollo ha continuado con posturas más o menos controvertidas, incorporando y tratando de integrar de la manera más apropiada las variables económicas y ambientales (The Economist 1997, Dasgupta y Mäler 1998, Kneese 1998). Pero por lo general, las evaluaciones que se realizan son en un contexto de equilibrio parcial, lo que dificulta examinar las implicaciones simultáneas sobre equidad y eficiencia de medidas para proteger el ambiente. Además, el paradigma económico imperante, no excesivamente proclive a los procesos de "planificación", resaltó aún más las carencias de los modelos de insumo-producto al no incorporar mecanismos de mercado.

En todo caso, este debate generó conciencia ciudadana y de los gobiernos en torno a los problemas ambientales y sociales asociados al crecimiento, tomando fuerza la noción de que es necesario equilibrar las tres dimensiones de desarrollo sustentable. Todo este proceso confirmó la necesidad de generar herramientas de análisis cada vez más sofisticadas que, primero, suplieran las limitaciones de los primeros modelos, y recientemente, fueran capaces de plasmar en forma conmensurable el concepto complejo de la sustentabilidad, analizando la evolución en forma sistémica de sus tres macro-objetivos (crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental). Además, era deseable que estas herramientas fueran capaces de evaluar acciones alternativas ante distintos escenarios para cualquiera de éstos.

Así, en la actualidad la complejidad de las interrelaciones directas e indirectas existentes entre variables económicas, ambientales y sociales exige de modelos que permitan generar prioridades respecto de las políticas que posibiliten alcanzar la sustentabilidad, pero además incluyan los mecanismos de mercado y los comportamientos optimizadores que inducen las decisiones de los agentes económicos y afectan la efectividad de las políticas públicas y el cumplimiento de los cambios productivos buscados.

Los modelos de equilibrio general computable (EGC), también modelos multisectoriales, resuelven las limitaciones de los modelos de insumo-producto como instrumento de evaluación, representando de una forma más realista la economía de un país al incorporar los mecanismos de mercado en la asignación de recursos. Además, se han revelado como un instrumento útil para describir las principales relaciones planteadas, y evaluar cuantitativamente ex-ante, los efectos de distintas políticas, tanto económicas como sociales y ambientales, además de los efectos indirectos que escapan en muchos casos a la intuición.

Finalmente, conviene resaltar que los modelos EGC han integrado la perspectiva de análisis de mediano y largo plazo aplicada en la generación de estrategias de desarrollo y sendas de crecimiento⁵, con la perspectiva de más corto plazo asociada a problemas coyunturales y política de estabilización⁶. Todo esto sin olvidar la relevancia de los aspectos sectoriales referentes a procesos tecnológicos o de inversión⁷.

Este documento de trabajo, pretende ser un ensayo introductorio a la teoría del equilibrio general computable y sus posibles aplicaciones. Intenta facilitar el entendimiento de este instrumental de análisis y animar su aplicación para la evaluación de políticas sociales, económicas o ambientales en un mundo de interrelaciones cada vez más complejas.

En esa línea, el apartado segundo del documento presenta los antecedentes metodológicos básicos de los modelos EGC. En él se analizan los orígenes de este instrumento de análisis de políticas, las características básicas que estructuran estos modelos, las teorías económicas subyacentes, las especificaciones formales que requieren, los mecanismos de resolución, los requisitos de información y las ventajas y limitaciones que como todo instrumental presentan. Para entender el potencial de este tipo de instrumento, el apartado tercero se centra en las posibles aplicaciones prácticas tanto internacional, como nacionales. Posteriormente, el apartado cuarto, resalta la utilidad de estos modelos para analizar los impactos de políticas ambientales, o los impactos de otro tipo de políticas sobre el medio ambiente. Después de una breve reseña sobre la evidencia empírica respecto a las relaciones entre macroeconomía y medio ambiente y la necesidad

⁵ Perspectiva que utilizaba como instrumental los modelos de Insumo -Producto, las cuentas nacionales (especialmente matrices de contabilidad social) y las variables reales, siendo propia de Ministerios de Planificación y Economía.

⁶ Más relacionada con modelos macroeconómicos y equilibrios de flujos nominales, propia de Bancos Centrales o Ministerios de Economía y Hacienda.

⁷ Objeto de estudio de los ministerios del ramo.

de usar modelos EGC para su análisis, se examinan los requisitos teóricos y de información necesarios para incluir los aspectos ambientales en estos modelos. Adicionalmente se destacan las posibles aplicaciones que se realizan en la literatura internacional. Los impactos ambientales y el debate del doble dividendo ambiental serán también analizados. Su interés en el debate internacional y nacional los convierten en aplicaciones muy actuales que permiten aportar a los modelos EGC su visión sistémica en la búsqueda de respuestas de política.

2.- MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL COMPUTABLE: ANTECEDENTES METODOLÓGICOS

2.1.- Introducción y antecedentes:

Los modelos de equilibrio general computable (EGC), o modelos de equilibrio general aplicados, son un tipo de modelo multisectorial que “tratan de representar de forma realista una economía constituyéndose en un arma poderosa para la evaluación cuantitativa ex-ante de los efectos sobre ésta de determinadas políticas (de Haan, 1994)”.

En los últimos cuarenta años, éste tipo de modelos económicos se han desarrollado considerablemente tanto en número como en la diversidad de sus aplicaciones, utilizándose cada vez más para el análisis de políticas en los países en desarrollo y en aquellas áreas de política donde los modelos de equilibrio parcial no eran satisfactorios.

El origen intelectual de los modelos EGC, y con mayor razón los neoclásicos⁸, se debe a la Teoría de Equilibrio General para la formación y circulación del capital de Walras desarrollada en la obra *Eléments d'économie pure* (1926). Este trabajo, que marca un importante cambio, se confronta con el marco analítico Marshalliano de análisis parcial. El enfoque de equilibrio general neoclásico fue elaborado en forma rigurosa por Debreu (1959) y posteriormente por Arrow y Hahn (1971). El primer trabajo, pese a ser matemáticamente muy riguroso, no pretendía ser una descripción de los sistemas económicos realmente existentes sino un intento de probar la existencia de equilibrios Pareto Optimos en una economía competitiva bajo muchas restricciones.

A partir de estos fundamentos teóricos, se pasó a su aplicación práctica. De esta forma Shoven y Whalley (1984) definen los modelo EGC de la siguiente forma: “Un modelo de equilibrio general computable representa la evolución desde la estructura de equilibrio general Walrasiano, que representa en forma abstracta la economía, hacia un modelo realista de ésta”. Por su parte, Dervis, De Melo y Robinson (1982) resaltan la formalización y resolución matemática en su definición de modelo de equilibrio general: “Modelos Matemáticos que incorporan las relaciones fundamentales del equilibrio general entre la estructura de producción, el ingreso de varios grupos, y los patrones de la demanda”.

El primer intento práctico de unir teoría y realidad fue realizado por Johansen (1960) quien desarrolló el primer modelo de equilibrio general computable o empírico aplicado a la economía Noruega. Este era muy simple y se resolvía en forma manual.

⁸ Los modelos de equilibrio general computable que son desarrollados habitualmente se pueden clasificar como neoclásicos por su concepción teórica e ideológica y las características de sus condiciones de cierre, aunque existen distintas aproximaciones teóricas mucho menos utilizadas. Las condiciones de cierre que caracterizan a un modelo pueden ser determinantes en sus resultados, por ello en cualquier aplicación se deben analizar en detalle. Para más información vease De Miguel y Miller (1998).

Posteriormente, los esfuerzos de Scarf y Hansen (1973) por aplicar y resolver informáticamente equilibrios económicos permitieron la multiplicación de las aplicaciones.

Los desarrollos posteriores se enfocaron hacia los temas de impuestos óptimos y políticas de comercio exterior en países desarrollados. La aplicación de los modelos de equilibrio general a los países en desarrollo no se realizó hasta finales de los años 70 con el trabajo de Adelman y Robinson (1978) sobre Corea, y el de Taylor et al. (1980) sobre Brasil. Con posterioridad, este tipo de modelo ha sido aplicado a la mayor parte de los países en desarrollo. Los problemas de la distribución del ingreso centraron la atención de los investigadores.

La recesión de los años setenta en los países desarrollados, las crisis de la deuda en los países en desarrollo provocaron un cambio en la aplicación de estos modelos desde las estrategias de desarrollo, la pobreza y la distribución del ingreso hacia problemas de ajuste estructural y estabilización.

En los años ochenta los modelos EGC se han utilizado como un instrumento para el análisis de políticas y estrategias comerciales, principalmente en los países en desarrollo. El peso de los estudios pasa entonces a modelos para múltiples países, donde se suele analizar como políticas aplicadas en otros países afectan al propio.

Recientemente se ha vuelto al interés inicial de los años 60 y 70 por la pobreza y la distribución del ingreso, junto con las nuevas aplicaciones para la resolución de problemas ambientales o ecológicos (especialmente en problemas energéticos), que han seguido a la difusión internacional del concepto de desarrollo sustentable⁹.

De esta manera los modelos de equilibrio general se han convertido en un método standard para el análisis de una amplia variedad de políticas: comerciales, impositivas, de cambio estructural, cambiarias, sociales, ambientales, etc. Además, la aplicación de los métodos de control óptimo para desarrollar políticas económicas, de gran interés en los años 60, han encontrado un marco útil en los modelos EGC para la optimización dinámica. Esto ha llevado a dividir los modelos entre estáticos, donde el objetivo es analizar con mayor detalle las interrelaciones que se producen dentro de la economía, y dinámicos, más dirigidos al análisis prospectivo de políticas. Cabe señalar que estos últimos aún tienen dificultades tanto conceptuales como prácticas que limitan su aplicación.

2.2.- Características básicas y teorías subyacentes en los modelos de equilibrio general

En el diseño de las políticas económicas suele existir siempre el problema de compaginar la teoría pura, cualquiera que sea, con el mundo real que enfrenta el tomador de decisiones. Por lo general, las teorías económicas, como abstracciones de la realidad útiles para generar resultados intuitivos, requieren de un desarrollo y aplicación lo más realista

⁹ Gunning y Keyser (1993) hacen una revisión de aplicaciones de modelos de equilibrio general computable a países en desarrollo.

posible. Es necesario poder cuantificar los resultados finales anticipados por la teoría, así como los resultados indirectos asociados a los procesos de transmisión, muchos de ellos no intuitivos. Además, es fundamental clarificar cual es la influencia de los supuestos de comportamiento asumidos en el modelo o los parámetros utilizados sobre los resultados finales.

Lógicamente, la economía como ciencia social no se reduce a la elección de un único paradigma teórico que pueda aplicarse en todo momento y lugar. Por ello, los actuales modelos de equilibrio general son el resultado conjunto de dos procesos no beligerantes, uno teórico-ideológico y otro técnico-funcional.

Evolución teórico-ideológica

La evolución teórico-ideológica está determinada por todas las teorías económicas que han coexistido en la evolución del pensamiento económico en este último siglo. La concreción de cada una en un modelo aplicado estará determinada por la convicción ideológica del investigador, y/o su pragmatismo a la hora modelar un determinado contexto socioeconómico e institucional.

La mayoría de las teorías macroeconómicas se basan en la noción de equilibrio o balance entre oferta, ingreso y demanda agregada. Sin embargo suelen diferir en los procesos de ajuste que llevan a un nuevo equilibrio cuando se producen cambios en las condiciones exógenas, o en el grado en que los ciclos económicos se determinan mediante mecanismos endógenos.

Los supuestos o fundamentos implícitos en una teoría macroeconómica han de ser formulados en términos matemáticos en el modelo siguiendo ciertas reglas de consistencia. La determinación del número de ecuaciones-variables endógenas, la endogeneidad o exogeneidad de las variables y la elección de los supuestos teóricos claves del modelo, o reglas de cierre, han de reflejar lo más exactamente posible el marco institucional de referencia así como los actores económicos participantes y su comportamiento.

El marco teórico subyacente se determina a través de la especificaciones del modelo y será en parte determinante de los resultados de las simulaciones (Sen, 1963; Taylor y Lysy, 1979). Su elección dependerá de:

- Preferencias teóricas
- Contexto económico existente

Existen una serie de aspectos que dividen las escuelas de pensamiento: si el ahorro determina la inversión en la economía o ésta determina el primero; si hay pleno empleo de recursos o desempleo y/o exceso de capacidad; si la competencia es perfecta o hay situaciones oligopolísticas, si las importaciones son complementarias de la producción nacional o son sustitutas, etc.

En la actualidad, estas diferencias se han concretado en dos grandes corrientes de modelos:

- (1) Los modelos que se enmarcan en un contexto neoclásico (de corte Walrasiano) donde “precios y cantidades varían endógenamente para determinar el conjunto de precios que vacía los mercados (Bergman, 1990, al definir modelos EGC)”, en un contexto de mercados de competencia perfecta que asignan recursos en forma eficiente siguiendo comportamientos optimizadores y racionales de los agentes implicados, existe el pleno empleo de recursos y de la capacidad, y donde el ahorro determina la inversión de la economía.
- (2) Los modelos de tipo “estructuralista”, Post-Keynesiano o Post-Kaleckiano. En ellos se suelen incorporar aspectos estructurales de una economía que impiden que en la práctica ésta no funcione ni pueda modelarse siguiendo criterios neoclásicos. Se da cabida a comportamientos oligopólicos, desempleo de factores productivos, complementariedad de las importaciones, etc. Además el ahorro pasa a estar determinado por la inversión.

El contexto económico existente, la realidad del país es el otro factor determinante a la hora de desarrollar un modelo. Dado que el objetivo de cualquier modelo EGC es representar en forma fehaciente y precisa la realidad económica de un país, para poder así analizar políticas en forma real, es fundamental incorporar en el modelo los aspectos claves que determinan la estructura del país. Esto ha hecho que en la práctica, siguiendo criterios pragmáticos, la mayoría de las aplicaciones realizadas con estos modelos no se hayan sustentado en teorías económicas extremas, sino que hayan incluido aspectos atinentes a la realidad analizada procedentes de las distintas corrientes teóricas.

Al revisar los modelos EGC desarrollados y sus aplicaciones empíricas uno observa que los modelos de corte neoclásico walrasiano son no sólo los más usados sino que además han sido ampliamente aceptados por modeladores, planificadores y economistas en general. La regla del ahorro como determinante de la inversión se ha impuesto.

Sin embargo, éstos no han sido aplicados en una forma pura, ya que generalmente se han incluido aspectos estructurales que limitan los supuestos neoclásicos extremos y que son también ampliamente aceptados. La imperfecta substitución entre bienes y servicios domésticos con importados o exportados que impide el cumplimiento de la ley de un solo precio, la posibilidad para fijar el tipo de cambio, el racionamiento de divisas, la persistencia de excesos de demanda en algunos mercados, los desequilibrios fiscales, la imperfecta substitución entre insumos y factores productivos, o entre éstos, las relaciones lineales para asociar niveles de producción y demanda de factores, las diferencias salariales entre sectores productivos, la diferenciación del factor trabajo según niveles de capacitación, los coeficientes de capital sectorial fijos que determinan tasa de beneficios distintas, son solo algunos aspectos que han permitido que el marco neoclásico puro y las teorías Walrasianas se adapten a una realidad mucho más compleja con aspectos estructurales concretos que escapan a esta modelación muchas veces “ingenua”. Todo ello permite que los actuales modelos EGC sean instrumentos poderosos en los procesos de generación y evaluación de políticas.

Evolución técnico-funcional

Cualquier análisis económico requiere utilizar información de base específica al modelo a aplicar. De igual forma que en los modelos macro existe un marco contable basado en el ingreso y el producto nacional, en los modelos multisectoriales de planificación el sistema de cuentas de insumo-producto desarrolladas por W. Leontieff es el punto de partida. Por tanto, el primer elemento que permitió la evolución, desarrollo y perfección de los modelos EGC, fue el desarrollo, calidad y sofisticación de las cuentas nacionales de los países.

La incorporación de los insumos intermedios en el sistema de cuentas nacionales, que permitió el análisis tanto de la estructura del producto como de interrelaciones industriales, fue el principal aporte de los modelos multisectoriales de insumo-producto (I-P). Interrelaciones que los modelos macroeconómicos tienden a olvidar. En los años 70, la mayor parte de los países los habían adoptado en sus cuentas nacionales.

Sin embargo, los modelo I-P tienen serias limitaciones. Su estructura rígida, de coeficiente fijos, que impone economías lineales en costos, precios relativos fijos y poco margen para la sustitución, no sólo no reflejan el mundo real sino que los hace poco útiles para hacer análisis de largo plazo. Por ello los modelos de equilibrio permiten un salto cualitativo, dado que, como se señaló, son modelos generalmente basados en el comportamiento optimizador neoclásico de productores y consumidores y asumen mercados competitivos. Además, permiten generar endógenamente precios y cantidades que interactúan en mercados descentralizados donde las decisiones económicas son autónomas, incorporan todo tipo de procesos de sustitución (entre insumos primarios, entre insumos intermedios y entre bienes transables y no transables) y economías no lineales en costos. Adicionalmente, el mercado de trabajo es endógeno e incluso se pueden distinguir diferencias tecnológicas entre sectores (Adelman y Robinson 1978). Los incentivos de precios y los precios sombra se incorporan como aspectos claves de estos modelos.

En paralelo al perfeccionamiento de los insumos de información necesarios y del marco teórico de los propios modelos, las técnicas matemáticas utilizadas para su resolución siguieron la misma evolución (Debreu 1959, Arrow y Hahn 1971, Scarf y Hansen 1973). La difusión de paquetes informáticos como el GAMS (General Algebraic Modeling System) desarrollado en los años ochenta por el Banco Mundial, les dio el respaldo técnico necesario para su difusión general.

2.3.- Caracterización y especificaciones en un modelo de equilibrio general

En este apartado nos centraremos en las características y especificaciones comúnmente utilizada en aplicaciones con modelos EGC. Estos modelos tratan de representar lo más fielmente la realidad (el flujo circular de la renta ampliado). Por tanto, en ellos aparecen distintos mercados, donde interactúan agentes económicos estableciendo intercambios reales (factores de producción, bienes y servicios) y monetarios (salarios, rentas de capital, pagos por bienes o servicios, etc.) para alcanzar equilibrios de mercado y determinar precios y cantidades. Por tanto, hay una serie de elementos sobre los que los modelos deben incorporar especificaciones: precios, factores de producción y oferta de

bienes, ingreso, ahorro y formación de capital, demanda, importaciones, oferta y demanda de exportaciones, equilibrio en los mercados domésticos, equilibrio en la balanza de pagos, etc., que serán discutidos en detalle en los siguientes apartados.

En general, las características fundamentales de los modelos EGC son:

- (1) Las funciones de demanda se basan en un proceso de maximización de la utilidad por parte de los consumidores.
- (2) Las funciones de oferta se fundamentan en un comportamiento maximizador de beneficios por los productores.
- (3) La mayoría de los modelos asumen mercados competitivos en un contexto Neoclásico. Por tanto precios y cantidades son determinados endógenamente por el modelo para vaciar los mercados¹⁰.
- (4) Son modelos Multisectoriales donde los sectores varían en función de los intereses de la aplicación y la desagregación existentes en las matrices insumo-producto.
- (5) Están formulados en términos reales, reflejando la dicotomía neoclásica entre esferas monetaria y real. Por tanto no es posible responder preguntas monetarias.
- (6) Pueden representar uno o varios países. Esta decisión afecta a las especificaciones del modelo y a la necesidad de información, y depende fundamentalmente de las aplicaciones que se desee realizar con el modelo.
- (7) Pueden ser estáticos o dinámicos. Las versiones dinámicas se suelen resolver como series de modelos estáticos en forma comparativa.

Dado que en estos modelos las especificaciones de un mercado, función, variables, están relacionadas con el resto, resulta difícil analizar los elementos constitutivos del modelo y sus especificaciones en forma independiente. Seguiremos el orden comúnmente seguido en la modelación.

Factores de Producción y oferta de bienes

Por lo general estos modelos consideran solo dos factores de producción, capital y trabajo, aunque se puede incorporar en algunos casos la tierra como factor productivo¹¹. El capital suele ser único y homogéneo y su asignación intersectorial viene determinada en mayor o menor grado según el modelo por la rentabilidad relativa sectorial. En los modelos dinámicos, el stock usado en el periodo de producción en curso es la suma del stock existente al final del periodo precedente más la inversión/desinversión realizada en el periodo una vez descontada la depreciación.

El mercado de trabajo suele ser más elaborado. La oferta de trabajo total es exógena, determinada básicamente por factores demográficos. Muchos modelos desagregan el factor trabajo por tipos de calificación u otros, dependiendo de la disponibilidad de información (capacitados-no capacitados, rural-urbano, profesionales-técnicos-artesanos-etc, moderno-tradicional, etc). La demanda de trabajo se deriva de las funciones de producción y del

¹⁰ Las características anteriores denota las raíces Walrasianas de la mayoría de los modelos aplicados.

¹¹ Es además posible incorporar los recursos naturales como factor productivo asimilándolo a un "capital natural" que se "deprecia" por su uso/extracción.

comportamiento maximizador de beneficios que determina que las tasas salariales igualen las productividades marginales del factor¹². En muchas aplicaciones se incorpora la posibilidad de diferentes pagos sectoriales por el mismo tipo de trabajo mediante la inclusión de un coeficiente definido como la razón entre el salario pagado en el sector y el salario promedio de ese tipo de trabajo. También se puede diferenciar los pagos por tipos de trabajo. El modelo se resuelve para que los salarios promedio por tipo de trabajo (calificación) igualen las ofertas y demandas respectivas.

El valor agregado real viene determinado por la función de producción, que se asume tiene retornos constantes a escala¹³. Algunas posibles funciones de producción son Cobb-Douglas, Leontieff o de coeficientes insumo-producto fijos, y la de elasticidad de sustitución constante (CES)¹⁴. Una función de producción de tipo Cobb-Douglas no es muy realista al implicar una elasticidad de sustitución unitaria. En el caso de la Leontieff la complementariedad perfecta entre factores o insumos productivos es el supuesto, por ello esta función es de coeficientes fijos y se utilizaba para representar la producción en economías de planificación centralizada. La literatura de equilibrio general utiliza funciones CES que permiten sustitución entre los factores productivos, entre éstos y los insumos intermedios y entre insumos intermedios¹⁵. Además, cumplen con el supuesto de rendimientos constantes a escala y, dependiendo de los supuestos sobre sus parámetros, pueden transformarse en funciones Cobb-Douglas o Leontieff.

Con respecto a los insumos intermedios, necesarios también en el proceso productivo, por lo general se agregan en un bien compuesto intermedio que se inserta en la función de producción como un factor productivo primario más. Los insumos intermedios suelen ligarse entre sí por coeficientes fijos (Leontieff).

El ingreso

El ingreso total de los factores se distribuye entre los “capitalistas”, los trabajadores y el gobierno. En las aplicaciones empíricas, especialmente cuando se trabaja con temas de distribución del ingreso, suele haber una mayor desagregación de los grupos de ingreso. El ingreso laboral es igual al total de pagos salariales y el ingreso del capital generalmente se obtiene de sustraer el ingreso laboral del valor agregado nominal total. Los ingresos disponibles del trabajo y el capital se obtienen después de deducir los impuestos al ingreso. El ingreso del gobierno es la suma de los impuestos netos (de transferencias) al ingreso y los impuestos indirectos netos (de subsidios) totales, además de aranceles u otros impuestos.

¹² En los modelos de tipo Kaleckiano o más “estructuralistas”, mucho menos aplicados, el salario nominal suele fijarse exógenamente alterando por completo la modelación laboral

¹³ Es el caso más “natural” debido a la posibilidad de repetir, replicar, un mismo proceso productivo, e implica que si aumentamos todos los factores productivos en la misma proporción el producto aumentaría en esa proporción. Este supuesto significa que en el largo plazo una empresa competitiva tendrá beneficios cero, ya que si hay beneficios extraordinarios entrarán nuevas empresas o las existentes ampliarán su planta (Varian 1994).

¹⁴ La elasticidad de sustitución mide la curvatura de una isocuanta, es decir, cómo varía en cociente entre las cantidades de factores cuando varía la pendiente de la isocuanta (o relación técnica de sustitución).

¹⁵ Generalmente, las funciones CES que relacionan factores e insumos se representan en forma de árbol, o anidadas pero el proceso de optimización es simultáneo.

Pueden existir transferencias netas del/al exterior que incrementan o reducen el ingreso disponible de personas y gobierno.

Ahorro y formación de capital

El ahorro privado se suele obtener como proporción fija de los ingresos de los factores después de impuestos. Equivalen a las propensiones marginales a ahorrar de los ingresos del trabajo y capital, respectivamente, como contraposición a las propensiones a consumir. El ahorro público es igual al total de los ingresos públicos menos el total de los gastos, que normalmente se fijan exógenamente. La inversión o formación de capital está determinada por el ahorro. La demanda de inversión por sector de destino se obtiene de la inversión total mediante coeficientes fijos.

La demanda

La demanda puede dividirse en demanda o consumo intermedio y demanda final. La demanda por insumos intermedios esta relacionada con la producción a través de los coeficientes fijos de insumo producto.

Para determinar la demanda generada por el consumo de bienes hay varias posibilidades. El método más simple es utilizar funciones de utilidad de tipo Cobb-Douglas. Sin embargo en aplicaciones empíricas se utiliza más un sistema de gasto lineal o funciones LES, o su extensión, la función ELES. Esta última incorpora el consumo mínimo de subsistencia en forma lineal (en igual forma que la función Stone-Geary) y la distribución del ingreso entre ahorro y consumo, lo que permite admitir de una forma atemporal el hecho de que el consumo se determina por los agentes desde una óptica intertemporal. El ahorro representa así la utilidad del consumo futuro.

La demanda del gobierno, o gasto público, se fija en forma exógena, basado en el esquema dado por la matriz de contabilidad social, sin embargo, algunas aplicaciones incorporan al gobierno en el proceso de maximización como un agente más. La demanda de inversión por sector de origen se deriva a partir del valor de un bien compuesto de inversión por sector de destino en base a la matriz de coeficientes del capital. Es decir, se relacionan todos los incrementos sectoriales de capital agregados, con la demanda de inversión total para un sector, a través de los coeficientes de capital que relacionan en base al uso de capital filas con columnas¹⁶.

La demanda total de los bienes del sector i se obtiene como agregación de los consumos intermedios, el consumo, la inversión y el gasto de gobierno finales, y las exportaciones. Los bienes del sector i pueden ser producidos domésticamente o importados.

¹⁶ $I_i = \sum_j k_{ji} \cdot \Delta K_j$

El sector exterior

La modelación del sector exterior se puede hacer de muchas formas. El modelo neoclásico puro, completamente flexible, asume sustitución perfecta entre producción doméstica e importaciones y exportaciones. Un modelo estructuralista, típicamente opta por una posición más rígida donde la mayoría de las importaciones son complementarias de la producción doméstica. En la práctica, los modelos EGC asumen una posición intermedia con sustitución imperfecta entre bienes y servicios nacionales e importados o supuesto de Armington (1969). Este supuesto es el más indicado para economías pequeñas.

Se suele asumir que la oferta de bienes importados es infinitamente elástica a los precios de mercado mundiales. Por tanto, para modelar las importaciones sólo es necesario modelar las funciones de demanda de importaciones. El precio de los productos de importación está fijo a los precios internacionales, aunque el precio en el mercado doméstico difiere, fruto de aranceles, costos de transporte, subsidios, etc. Si importaciones y bienes domésticos fueran perfectos sustitutos, toda la demanda sería satisfecha por importaciones, siempre que el precio de las importaciones fuera inferior que el de los precios domésticos. Por tanto habría una tendencia al cumplimiento de la ley de un solo precio. Considerando que en un modelo EGC el nivel de desagregación sectorial siempre es limitado, circunscrito a la matriz de insumo-producto existente, la cesta de productos importados incluida en cada sector normalmente difiere de la doméstica clasificada en el mismo sector, por tanto es totalmente improbable la ley de un solo precio dentro de cada sector.

Si consideramos imperfecta sustitución entre bienes domésticos e importados, el método neoclásico más extendido es el presentado por Armington, que deriva la demanda por importaciones y por bienes producidos domésticamente a partir de un proceso de optimización de una función de "utilidad". La función de utilidad Armington es análoga a una función de producción CES, que agrega la demanda de importaciones y la demanda por productos domésticos en un bien compuesto. La elasticidad de sustitución de la función Armington determina el grado de sustitución entre bienes (insumos intermedios y demanda final) nacionales e importados.

En aplicaciones empíricas no es necesario aplicar el supuesto de Armington a todos los sectores. Puede que algunos sectores, en la realidad se aproximen al supuesto totalmente flexible neoclásico o a la rigidez estructuralista. Pese a que el supuesto de Armington es superior en la inmensa mayoría de los casos, presenta una limitación: supone elasticidad ingreso de la demanda unitaria, ya que la demanda de bienes depende exclusivamente de la relación de precios domésticos e importados en el contexto de una CES.

Con respecto a las exportaciones existen varias posibilidades de modelación dependiendo del poder de mercado del país analizado. Para un país pequeño la demanda de exportaciones puede considerarse infinitamente elástica, lo que implica que cualquier cantidad (pequeña) que se quiera exportar podrá hacerse al precio fijo de los mercados internacionales. El precio obtenido por los exportadores será el internacional en moneda nacional (corregido por el tipo de cambio) ajustado por los impuestos netos a las exportaciones. En el caso de bienes homogéneos y ajuste instantáneo, no habrá

exportaciones si su precio es superior al internacional. Considerando que esta situación no es muy realista, normalmente se considera la producción doméstica y los productos de exportación como sustitutos imperfectos, por tanto, la razón de oferta para el mercado doméstico con respecto a la oferta para exportaciones será función de la relación de precios domésticos y de exportaciones. Así, como la demanda de exportaciones no está restringida el monto exportado estará determinado por la elasticidad de oferta.

Existen varias posibilidades para especificar la función de oferta de exportaciones:

- a) La función de oferta de exportaciones depende de los precios relativos domésticos y de exportación, la elasticidad de oferta y un nivel de exportaciones fijado exógenamente. El precio que obtiene cada sector será un promedio ponderado de los precios para el mercado doméstico y de exportaciones.
- b) La alternativa más aceptada y que congenia mejor con el pensamiento neoclásico es una analogía de la función Armington aplicada a las exportaciones, la función de elasticidad de transformación constante (CET). De esta forma, la oferta de exportaciones y la oferta para el mercado doméstico se agregan en un bien compuesto determinado por la función de producción. Optimizando se obtendría la oferta para exportación y para el mercado doméstico. El precio del bien compuesto sería un promedio ponderado de los precios domésticos y de exportación, pero derivado a partir de la función CET.
- c) La tercera especificación consiste en una función logística mediante la cual el porcentaje de exportaciones sobre la producción doméstica está directamente relacionado con la razón de precios relativos. Este tratamiento implica que los cambios en torno al equilibrio no son muy fuertes, por lo tanto no es muy utilizada.

Finalmente, en el caso de que el precio de oferta de las exportaciones difiera del precio de los mercados internacionales, es decir que el país pueda influir en estos precios, éste suele modelarse como un promedio ponderado de los precios de exportación de los principales países que compiten en el mercado. La demanda de exportaciones queda determinada por el cociente entre los precios de exportaciones determinados domésticamente y el precio promedio de los países que compiten en el mercado, fijado exógenamente. Además, se ha de especificar la elasticidad de demanda de exportaciones y un nivel base de exportaciones fijado exógenamente que dependa del nivel de ingreso mundial y del precio de exportaciones respecto del nivel de precios global. Funciones CET o logísticas no serían adecuadas en este caso, dada la pequeña proporción que la demanda de exportaciones doméstica tendría con respecto a la mundial. En este caso, los exportadores obtendrán el mismo precio para sus bienes si los venden en el mercado doméstico o en internacional, es decir, desde el punto de vista del productor, la oferta de exportaciones estaría determinada por la demanda de exportaciones.

Concluyendo, se puede agregar que en las aplicaciones económicas de modelos EGC dirigidas a analizar el comercio exterior, se suele utilizar el modelo para comercio exterior de Heckscher-Ohlin-Samuelson, donde todos los países tienen idénticas funciones de demanda y producción. Por tanto, el comercio queda determinado por la intensidad de uso de factores en la producción y las propias dotaciones de factores del país.

La homogeneización de los precios

En los modelos de equilibrio general aplicados es necesario definir un precio como numerario que permita homogeneizar el modelo. En general el numerario se define como un promedio ponderado de los precios de los distintos bienes o actividades \bar{p}_{x_i} ¹⁷. Aunque también suele utilizarse como numerario el precio de un bien o un factor. La ventaja de usar un índice de precios fijo es que todos los precios relativos se determinan sin inflación. Si se utiliza un único precio, la interpretación de cambios en el resto de los precios puede resultar confusa. Por ejemplo, si el salario se define como numerario y se incrementa la oferta de trabajo, que es exógena, esto lleva a un menor salario, pero como es un numerario todos los demás precios se verán “inflados” al descender el numerario, lo que sugiere que todos los precios de los bienes se han incrementado. Si por otra parte, lo que se define como numerario es un promedio ponderado de los precios de los bienes, el salario puede bajar y los precios de los bienes pueden subir o bajar (dependiendo de la intensidad de uso del factor trabajo en su producción). La otra opción generalmente utilizada es usar el tipo de cambio como numerario (además se suele construir algún índice de precios que permita obtener valores reales homogéneos después de aplicar alguna política o shock al modelo).

Con respecto a los bienes de capital usados por distintos sectores de producción, éstos son bienes producidos por diferentes sectores con diferentes precios de salida (output). Por tanto, los bienes de capital especificados por sector de destino, son tratados como un bien compuesto donde su precio p_{k_i} es un promedio ponderado de los precios de los distintos bienes o actividades (p_{x_i}). Las ponderaciones K_{ji} son los elementos (j, i) de la matriz de capital que convierte o relaciona la demanda de inversión por sector de destino en demanda de inversión por sector de origen¹⁸.

Los precios de la producción o de las actividades de la economía, p_{x_i} , están determinados por las ecuaciones de equilibrio sectoriales. Dados los precios de los insumos, los coeficientes de la matriz de insumo-producto, y los impuestos indirectos, se puede determinar el coeficiente del valor añadido nominal que relaciona el valor añadido (en términos de valor) recibido por las economías domesticas con la producción real.

Equilibrio en los mercados domésticos y equilibrio en la balanza de pagos

Obviamente el equilibrio se alcanza cuando la demanda y oferta son iguales para cada sector y los precios se resuelven para obtener este resultado. El equilibrio en el mercado doméstico se obtiene igualando la oferta doméstica con la demanda doméstica de los bienes producidos dentro del país. La demanda doméstica se obtiene de la demanda agregada doméstica (consumo intermedio, demanda por consumo, demanda de inversión y

¹⁷ $\bar{p} = \sum_i w_i \cdot p_{x_i}$

¹⁸ $p_{K_i} = \sum_j K_{ji} \cdot P_{x_j}$

gasto público) por el bien compuesto. Dada la demanda doméstica agregada, el tipo de cambio y los precios de venta de los bienes ofrecidos domésticamente (a partir de las funciones de demanda derivadas de la función Armington), se determinan la demanda por importaciones y la demanda por bienes domésticos. En el caso general de un país pequeño, la oferta de bienes producidos domésticamente para el mercado local y la oferta para exportaciones se deriva a través de las funciones CET presentadas en el punto 2.3.e.. Los precios de equilibrio se ajustan en forma iterativa hasta alcanzar las condiciones de equilibrio.

Una vez que el nivel de importaciones (mediante las funciones Armington) y el nivel de exportaciones (mediante las funciones CET) ha sido determinado, se procede a analizar el ajuste de la balanza de pagos, de tal manera que se cumpla la Ley de Walras. Normalmente suelen analizarse dos situaciones, una sin restricciones en la balanza de pagos y otra con restricciones a la entrada de capitales. En este segundo caso, hay dos formas posibles de ajuste, mediante un tipo de cambio flexible o bien racionamiento de las importaciones (Dervis y Robison 1980 y Dervis, De Melo y Robinson 1982).

Si un país tiene suficiente acceso a capitales internacionales, el tipo de cambio puede mantenerse fijo y las entradas de capital (o ahorro externo) se convierten en una variable endógena. Si el país tiene restricciones de balanza de pagos, las entradas de capital se dan como dadas o se fijan en una cota máxima. La manera de satisfacer la restricción es endogeneizar el tipo de cambio. Este se ajusta iterativamente hasta eliminar los excesos de demanda de divisas. Si se quiere mantener fijo el tipo de cambio el ajuste se logra restringiendo las importaciones, ya sea mediante restricciones cuantitativas, o mediante el incremento del precio de las importaciones. En el primer caso, el total de las importaciones está determinado por la ecuación de la balanza de pagos y su asignación sectorial se determina proporcionalmente a las demandas de importaciones sectoriales. En el segundo caso, existe una prima a las importaciones, que opera en forma similar a un arancel pero que se determina endógenamente, y que equivale a un “markup” sobre los precios de importación sectoriales. Lo último equivale a una devaluación aplicada únicamente a las importaciones. La prima se determina en forma iterativa hasta eliminar los excesos de demanda u oferta de divisas.

Recuérdese que en la condición de equilibrio ahorro-inversión también ha de incluirse el ahorro exterior.

2.4.- La resolución del modelo: Calibración matemática de un EGC

En general, es difícil demostrar que un modelo de equilibrio general computable o aplicado tenga una solución única. Afortunadamente, por lo general no se han encontrado grandes dificultades a la hora de resolver estos modelos. A pesar de sus fuertes no linealidades, éstos modelos pueden resolverse con relativa facilidad con las herramientas computacionales actuales. Aunque la solución encontrada no sea necesariamente única, no es común que aparezcan soluciones múltiples.

Para alcanzar una solución, normalmente se empieza por unos valores iniciales estimativos para todos los precios, incluido el tipo de cambio, sujetos a la regla de normalización, que se ajustan en forma iterativa. A partir de ahí se determinan los precios de los bienes de capital compuestos. Posteriormente, las ecuaciones del mercado laboral y funciones de producción se resuelven en forma iterativa hasta alcanzar los niveles de producción, demanda de trabajo y salarios. Finalmente, demanda y oferta se igualan y los precios se reajustan. Entonces comienza una nueva iteración hasta que se satisfacen las ecuaciones de equilibrio internos-externos.

Por tanto, estos modelos contienen dos esferas (calibraciones) que deben ser resueltas. La primera, interna, en la que se resolvería el mercado laboral, y otra externa que resolvería las ecuaciones de equilibrio para el mercado doméstico y para el mercado cambiario (o balanza de pagos). En principio todos los mercados se han de equilibrar en forma simultánea mediante un proceso iterativo, pero dividir las soluciones, es más eficiente desde el punto de vista informático. En la actualidad hay una gama muy variada de métodos para resolver sistemas de ecuaciones no lineales.

Una posibilidad es linealizar el modelo y resolverlos por simples inversiones matriciales (al igual que los modelos de insumo-producto iniciales). Este método fue el usado por Johansen (1960) en sus trabajos pioneros sobre modelos EGC. Posteriormente, ha sido utilizado en algunas ocasiones (Evans, 1972 sobre política comercial Australiana). Aunque este método puede ser atractivo por su simplicidad informática, no es adecuado si alguna función no pudiera ser linealizada.

La segunda posibilidad fue elaborada por Scarf en sus aplicaciones a la economía y se basa en los métodos de puntos fijos, pero ha sido desechada por ser demasiado compleja. Fue utilizada en aplicaciones sobre impuestos óptimos en países desarrollados (Shoven y Whalley 1984, hacen una revisión de las aplicaciones).

El tercer grupo formula los modelos EGC como modelos de programación que se resuelven mediante métodos de programación no lineal. Los precios duales que se generan pueden interpretarse como los precios de equilibrio neoclásicos si se hace los típicos supuestos neoclásicos con respecto a la optimización (Ginsburg y Waelbroeck, 1981).

La cuarta posibilidad, que es la más extendida, consiste en usar métodos para resolver sistemas de ecuaciones no lineales. El método más simple posible es el de Gauss-Seidel que requiere que el modelo se ponga en forma canónica, es decir, que todas las variables endógenas aparezcan en el lado izquierdo de las ecuaciones. Las ecuaciones se resuelven repetidamente hasta que la solución se aproxima lo suficiente. Dado que no es fácil poner en forma canónica las funciones implícitas como las ecuaciones de equilibrio (identidades), normalmente se utilizan modificaciones de este método que comprueban las ecuaciones de equilibrio después de cada iteración y posteriormente ajusta los precios para reducir excesos de demanda u oferta. Usualmente, ello requiere algún tipo de manipulación con el tamaño del ajuste después de cada iteración, y si las interrelaciones sectoriales son relativamente débiles, la convergencia será fácil, pero en el caso de que haya interdependencias no lineales fuertes, la convergencia puede llegar a fallar.

La otra posibilidad, generalmente utilizada, hace uso de una matriz de derivadas de las funciones de exceso de demanda, siguiendo el método de Newton. Este método aproxima la solución cuadráticamente para valores iniciales bien elegidos, aunque no garantiza la convergencia. Si los valores iniciales son inapropiados o las formas funcionales son complicadas con varios puntos estacionarios, el método suele fallar. Además, la matriz Jacobiana puede acercarse a cero pudiendo generar soluciones con poco significado. Para evitar esto se han desarrollado metodologías que examinan el valor del Jacobiano en cada iteración. Para modelos bien comportados y no excesivamente largos, este método suele converger rápidamente a la solución.

Los programas informáticos para resolver un modelo EGC suelen estar escritos en Pascal, Fortran o Basic. Aunque en la actualidad no es necesario autoprogramar la resolución de los modelos. Existen softwares ya preparados como el GAMS, desarrollado por el Banco Mundial en cooperación con instituciones académicas Norteamericanas. Este paquete provee una manera más fácil de formular un problema de programación (lineal o no-lineal). Este puede ser resuelto mediante un código o lenguaje “legible” por algún algoritmo llamado “solver”. Los “solvers” que aceptan la notación del GAMS para resolver sistema de ecuaciones no lineales son CONOPT y MINOS (ambos son métodos de optimización de programación no lineal).

2.5.- Modelos de equilibrio General Dinámicos: Modelos Multiperiodo

La mayoría de los modelos de equilibrio general computable desarrollados son estáticos, es decir se adscriben a un único periodo de tiempo. Las simulaciones o experimentos de política se realizan mediante estática comparativa. Sin embargo, en algunas aplicaciones empíricas puede ser interesante generar una senda temporal para las variables endógenas. Con ese propósito se desarrollaron los modelos dinámicos o de varios periodos. Como es lógico la elección de un modelo u otro dependerá del experimento de política, las variables sujetas a análisis en el proceso de planificación y del plazo temporal. Desafortunadamente la dinamización tiene fuertes limitaciones como se ve a continuación.

Los Modelos Multiperiodo y los modelos de optimización dinámica

Como puede notarse, la naturaleza de los modelos EGC difiere radicalmente de los modelos macro-económicos. En estos últimos, los parámetros de las ecuaciones de comportamiento se estiman por métodos econométricos sobre la base de series de tiempo (o datos de panel). Aunque en un modelo EGC parte de los parámetros suelen estimarse en forma econométrica en estudios complementarios, o tomarse de estudios econométricos ya realizados, todas las ecuaciones son “calibradas” de tal forma que generen la solución del año base en forma exacta (sin términos de error). Por ejemplo, las constantes en las funciones de producción, Armington o CET se determinan de tal forma que estas funciones generen los niveles de producción, importaciones, exportaciones, etc., del año base (año para el que esta desarrollada la matriz de contabilidad social). Esto permite a los modelos EGC ser más flexibles. Como contrapartida su base estadística tiende a ser débil. Por tanto, mientras que en los modelos macro-económicos el año base o de referencia se sustenta

en datos de series de tiempo para el periodo muestral, el año base de un modelo EGC se ajusta o calibra para que se ajuste exactamente a los datos del año base o de referencia.

Todo modelo EGC multiperiodo o “dinámico” tiene una parte fundamental estática o modelo que se resuelve para cada periodo. Para dinamizar el modelo, la parte estática intraperiodo (resuelta periodo a periodo) tiene que complementarse por otra parte que determina las relaciones entre periodos y permite los cambios en algunas variables y parámetros que serán usados en el modelo estático del siguiente periodo. Obviamente, la oferta de trabajo (ligada al crecimiento de la población y de la fuerza de trabajo) y el stock de capital (en la medida que exista inversión neta) se incrementan periodo a periodo y cambian su estructura. Las variables de política (impuestos, subsidios, aranceles, etc.) y las variables exógenas (precios internacionales, eventualmente el tipo de cambio, etc.) también pueden variar. Las especificaciones “dinámicas” se modelan en el submodelo interperiodo. Por tanto, un modelo EGC dinámico consta de dos submodelos, el estático y el multiperiodo que rige las ecuaciones de comportamiento entre periodos dirigiendo la resolución recursiva de los submodelos estáticos.

Como previamente se mencionó, en los años sesenta surgió un gran interés por las sendas de crecimiento óptimas. En los setenta el interés se centró en la optimización dinámica de los modelos de insumo-producto, aunque la programación dinámica sobre estos modelos se abandonó rápidamente dada la rigidez tradicional de éstos (precios relativos fijos). La flexibilidad de los modelos EGC realzó el interés por la optimización dinámica y está se constituyó en un nuevo mecanismo para dinamizar los modelos.

Al igual que la programación lineal (sustituida por no lineal), la optimización dinámica tiene sus problemas, en caso de que las sendas estén acotadas (permitiendo soluciones de esquina) y además exista la posibilidad de saltos que generen discontinuidades en la senda de control, pueden aparecer las llamadas soluciones de tipo “bang-bang”, es decir, la senda o trayectoria va rebotando entre las cotas con bruscos saltos (Chiang, 1992). Por tanto, además de las restricciones propias de la escasa evidencia empírica, es necesario generar soluciones que tengan algún significado empírico, en cierta forma, encauzando los resultados (por ejemplo, se puede limitar los desplazamientos en la asignación de la inversión sectorial).

Además, los problemas de control óptimo enmarcados en un modelo EGC son bastante complejos y su programación tediosa. El paquete GAMS puede resolver problemas de control óptimo.

El marco temporal de análisis en los modelos EGC (análisis versus predicción)

Dado que una de las principales aplicaciones de los modelos EGC es la generación de escenarios de políticas que permitan hacer más sustentable el crecimiento de un país mediante una planificación empíricamente fundamentada, merece la pena discutir brevemente el marco temporal de análisis de estos modelos, y la disyuntiva entre el análisis y la predicción.

Dado que es una metodología para la evaluación ex-ante de políticas, se pueden hacer básicamente dos tipos de preguntas:

¿Qué hubiera pasado con la situación económica, social y/o ambiental actual del país si en un punto del pasado se hubiera aplicado un determinado tipo de política? Es decir, se compara un hipotético presente condicionado a alguna intervención pasada con el verdadero presente libre de aquella intervención.

¿Qué pasará en el futuro con la estructura económica, social y/o ambiental del país si hoy se aplicara una determinada política? Es decir, se comparan hipotéticos futuros con o sin intervención.

Obviamente en ambos casos se puede comparar políticas alternativas, para decir la que tenga mayores efectos deseables de entre ellas.

Ambas preguntas se pueden responder en un contexto estático o dinámico. En el primer caso, se dispone de toda la información de la senda que siguieron las variables (e implícitamente parámetros), por tanto se puede resolver el modelo dinámico con información cierta para la “senda” base o de referencia. Posteriormente se vuelve a resolver el modelo dinámico incorporando los ejercicios de política en el periodo de referencia o a lo largo de los periodos de la senda y comparar las situaciones finales. Si el modelo EGC es estático, toman mayor relevancia los cambios en los coeficientes que relaciona las variables. En ese sentido los ejercicios se hacen sobre la situación del año base, alterando su estructura. Las nuevas estructuras obtenidas a partir de la aplicación de las políticas se compara con la situación de la estructura en la actualidad en términos de coeficientes, ratios e interrelaciones¹⁹.

El segundo tipo de pregunta aglutina la mayor parte de las aplicaciones realizadas con modelos EGC. En este caso, el plazo temporal en el que se espera tenga efectos la política simulada cobra más relevancia. En principio, los modelos EGC no han sido desarrollados para responder preguntas en el corto plazo. Dirigidos a la evaluación y basados en estructuras interindustriales, donde las transformaciones requieren de periodos prudenciales de tiempo para que sean factibles, el mediano plazo parece óptimo para interpretar los resultados de estos modelos.

En un contexto de mediano plazo un modelo estático puede ser óptimo para realizar no sólo el análisis de las interrelaciones que existen y existirán en la economía sino también el resultado de las políticas aplicadas. Bastaría con permitir un mayor grado de flexibilidad al ajuste del modelo (elasticidades mayores, mayor movilidad de factores, más posibilidades de sustitución, etc.). En este caso se calibraría la situación inicial de base o estructura actual de la economía y mediante estática comparativa se generan escenarios para distintas políticas. Posteriormente se comparan resultados y estructuras, siendo las

¹⁹ Obviamente los niveles/montos de las variables pueden diferir sustancialmente, fruto del crecimiento, inflación, etc. durante el periodo de análisis. Es decir, se compara por ejemplo la relación entre la producción de un sector y otro en el escenario desarrollado y en la realidad actual, pero no los valores de la producción para cada sector en uno y otro caso

nuevas estructuras obtenidas ejemplos posibles de la estructura futura (siempre con la limitación de que no recogen los procesos de acumulación existentes en la economía).

En algunos casos las preguntas van dirigidas a plazos temporales más largos, por ejemplo 20 años. En estos casos suele usarse más los modelos dinámicos, que permiten la acumulación de factores fruto del crecimiento económico a lo largo del periodo analizado. En ese sentido el primer paso es proyectar sendas para algunas variables fundamentales, tal y como se explicó en el apartado anterior, y posteriormente resolver recursivamente el modelo estático. El uso de modelos estático para generar escenarios que predigan la situación en que estará la economía en 20 años no parece muy útil, dado que los cambios estructurales en periodos tan grandes pueden ser fuertes, y la matriz de contabilidad social puede alterar todos sus coeficientes. Por tanto no parece un plazo muy realista para modelos estáticos. Esta es una limitación importante.

Actualmente, si consideramos que la base estadística de los modelo EGC no es muy fuerte, hay que ser muy cautos antes de utilizarlos para la predicción. A los problemas que tienen los modelos estáticos se añaden los inconvenientes de los dinámicos, tanto si se resuelven recursivamente o mediante optimización dinámica. Desde el punto de vista de muchos autores (Dervis et al. 1982, de Haan 1994, Hertel 1997) los modelos EGC son más útiles y fiables para experimentos de simulación mediante estática comparativa donde los cambios en los parámetros y variables exógenas pueden motivarse para clarificar los mecanismos que operan en la economía real.

2.6.- La Matriz de Contabilidad Social (SAM) como Base de Datos para un modelo EGC

Las matrices de contabilidad social son la fuente indispensable de información para un modelo de Equilibrio General Computable. Son la base sobre la que se calibra el modelo, y sobre la que se hacen simulaciones o escenarios de política siguiendo sus mecanismos de optimización. Los cambios sobre los valores de la SAM original permiten analizar los efectos de la política o shock aplicado en el modelo. Por ello es interesante mencionar cuales son los objetivos, las características y estructura y la utilidad de esta herramienta.

Inicialmente la contabilidad era muy agregada y presentaba serias limitaciones para describir las relaciones de producción y consumo de las economías. Ello llevó a la elaboración de los modelos de Insumo-Producto, que se generalizaron posteriormente con el desarrollo de las SAM, y actualmente con los sistemas que integran las SAM con tablas y cuentas satelitales.

La construcción de una SAM se fundamenta en la esquematización detallada y explícita del flujo circular de la economía. Para ello es necesario definir de forma específica las relaciones entre las diversas actividades productivas, la distribución del ingreso factorial e institucional, el patrón de consumo de los hogares, el significado en términos de bienestar de los bienes y servicios que se consumen en el sistema y las relaciones entre el ambiente y la utilización de productos y servicios por parte de los agentes económicos. Para extender la

SAM y considerar aspectos de bienestar y ambientales es necesario la inclusión de indicadores sociales y ambientales.

Usualmente las SAM cumplen con dos objetivos:

- i) El establecimiento de un sistema contable donde la matriz serviría para efectos de la contabilidad nacional, tanto como base estadística de datos como para la definición del año base.
- ii) Como base para diseñar y calibrar un modelo socioeconómico que sirva de instrumento de análisis, formulación y evaluación de políticas económicas, sociales y ambientales. Los modelos EGC cumplen con este objetivo.

Para satisfacer correctamente el primer objetivo basta con seguir el Manual de Cuentas Nacionales de las Naciones Unidas (1993). El segundo objetivo requiere del estudio de las características estructurales del país y definir en forma concreta el objetivo principal de la investigación/modelación.

La SAM consiste en un sistema de registro simple y de doble entrada o contabilidad por partida doble. En su estructura básica presenta una serie de cuentas dispuestas en filas y columnas en forma matricial, siendo esta matriz cuadrada. Cada celda representa, simultáneamente, el ingreso o entrada de una cuenta (fila) y el gasto o salida de otra cuenta (columna). Entradas y salidas deben estar en balance, de tal forma que los ingresos de una cuenta representen salidas de otras cuentas. Por consiguiente, el valor del total de cada fila debe ser igual al total de su columna correspondiente. Económicamente esto implica que el total del ahorro es igual al total de inversión, o que el gasto es igual al ingreso, o que la demanda es igual a la oferta. Si bien es cierto que desde el punto de vista contable estas igualdades son identidades contables, desde el punto de vista macroeconómico estas igualdades también se cumplirían en el equilibrio.

La información que contiene la SAM proviene de diversas fuentes como Cuentas Nacionales, Matrices Insumo-Producto, censos y encuestas, además de estadísticas dispersas y generadas por otras muchas fuentes de datos (INE, Ministerios, Universidades, etc.). Estas matrices poseen cuatro características relevantes:

- a) Reflejan en una forma comprensible el flujo circular de la renta.
- b) Cumplen en forma consistente con la regla de equilibrio general Walrasiano; para todas las cuentas, la suma de las filas es idéntica a la suma de las columnas.
- c) Permiten identificar objetivamente y en forma transparente las relaciones estructurales socioeconómicas de la economía estudiada.
- d) Son la base para el desarrollo de los modelos de equilibrio general computable, siendo flexibles a extensiones que incluyan datos demográficos, indicadores sociales y/o indicadores ambientales.
- e) Han sido consideradas como puente entre los niveles micro y macroeconómico al presentar un nivel de desagregación intermedio para las actividades productivas, los factores de producción, las instituciones, los hogares, etc. (Pyatt y Round, 1979).

El tamaño de una SAM, o grado de desagregación en filas o columnas, está relacionado directamente con el número de entradas que se requiera o desee introducir. Ello está determinado por los objetivos que se pretenden alcanzar y la cantidad y calidad de la información existente y disponible.

2.7.- Ventajas y Limitaciones de un modelo de EGC

Previamente se presentó cómo las técnicas de análisis de insumo producto o de Leontieff, antecedente de los modelos EGC, adolecían de ciertas limitaciones fundamentadas en la estructura de coeficientes fijos que presentaban (y por tanto implicaban economías lineales en costos y precios fijos). Esto las hacía no muy viables para realizar análisis de largo plazo, y mermaba su capacidad para representar el mundo real. Los modelos EGC corregían esas limitaciones además de presentar una serie de ventajas. Sin embargo también presentan sus propias limitaciones.

Entre las ventajas más relevantes de los modelos EGC tenemos:

- a) Permiten resolver problemas no lineales (por ende, es posible generar estructuras de costos no lineales).
- b) Permiten obtener los precios de la economía en forma endógena, como resultado del libre juego de la oferta y la demanda.
- c) Permiten incorporar múltiples mercados (factores, bienes, instrumentos ambientales, etc.).
- d) Cuando han sido construidos, permiten realizar un sin número de alternativas simulaciones considerando distintas políticas.
- e) Permiten modelar y analizar la estructura de una determinada economía, analizando las interrelaciones directas e indirectas, sean éstas intuitivas o no.
- f) Permiten incorporar restricciones o variables estructurales concretas, que reflejen en forma más realista la realidad del país.
- g) Son capaces de incorporar competencia imperfecta en alguno o todos los mercados, en alguno o todos los sectores.
- h) Pueden cuantificar la eficiencia económica y los impactos distributivos y ambientales de políticas económicas, sociales o ambientales en forma simultánea.

Sin embargo estos modelos han sido criticados por algunas de sus limitaciones:

- I. Requieren de un gran número de datos, por tanto están supeditados a amplias y rigurosas fuentes estadísticas.
- II. Su base estadística no es muy fuerte, dado que los parámetros de las ecuaciones han de ser manipulados (calibrados) para generar la solución exacta del año base (reproducir la situación original)²⁰. Por tanto la calidad de los parámetros estimados puede ser criticable al depender de los datos usados en la calibración (que son los del año base).
- III. No suelen incluir el comportamiento de la inversión, que es determinada por el nivel de ahorro.

²⁰ Esto reduce los requisitos de datos e información al obtenerse en este proceso de calibración buena parte de los parámetros.

- IV. No suelen incorporar aspectos monetarios ni sectores financieros
- V. En los modelos dinámicos, las sendas óptimas suelen ser “guiadas” para que los resultados tengan significado económico.

Pese a las limitaciones, algunas de ellas subsanables y otras simplemente derivadas de la escasa disponibilidad de tiempo y recursos en las investigaciones, estos modelos son la principal herramienta en la planificación económica al ser sus ventajas significativamente superiores a las limitaciones.

Es necesario reconocer que la segunda y quinta limitaciones suelen ser las más controvertidas, pero de nuevo éstas pueden ser evitadas o aminoradas si el usuario del modelo EGC lo utiliza correctamente. En el caso de la segunda limitación, la crítica se centra en la debilidad de parámetros que hace que los resultados de los experimentos y los valores obtenidos no sean estadísticamente robustos, y además por ser el método de resolución matemático, son únicos (sin los intervalos de confianza propios de los modelos macro-económicos). Para evitar estos problemas, en primer lugar se hacen análisis de sensibilidad sobre los parámetros exógenos utilizados (básicamente elasticidades), de manera que se pueda determinar el grado de inferencia que pudieran tener en los resultados de posteriores simulaciones de escenarios. En general, los parámetros no suelen ser determinantes de los resultados de las simulaciones, y este proceso suele ser útil para ajustarlos mejor a la realidad del país²¹. La matriz de contabilidad social utilizada y el año de ésta (que representa lo que sucedió en la economía ese año) sí son factores determinantes en los resultados. Por ello es conveniente utilizar Matrices de Contabilidad Social de años "bien comportados", ya que representan mejor la situación económica normal del país.

En segundo lugar, el usuario del modelo debe saber como interpretar los resultados²². Sus resultados han de ser interpretados en términos de cambios relativos, signos de los cambios, ganadores y perdedores, dirección y tamaño de los cambios, etc., de manera que den una visión panorámica de los resultados de una política sobre la economía. Los valores obtenidos no deben interpretarse como exactos y para obtener un mayor grado de detalle en alguno de los resultados es necesario desarrollar estudios complementarios de tipo sectorial. Por otro lado, el análisis de los cambios es un proceso muy complejo que requiere un examen detenido de las fuentes y causas de éstos, siguiendo todas las posibles interrelaciones que recoge la SAM y los modelos EGC.

La quinta limitación, unida a las anteriores, ha determinado que en la literatura sobre modelos EGC prime el uso de modelos estáticos y el análisis de la economía como método para anticipar problemas o resultados de políticas, sobre los modelos dinámicos y las proyecciones de largo plazo.

²¹ La mayoría de los estudios revisados hacen análisis de sensibilidad moderados sobre los parámetros, básicamente las elasticidades adoptadas, (por ejemplo los multiplican y dividen por tres, analizan tres valores probables procedentes de la literatura o en base al juicio del autor, o incluso los generan mediante experimentos de Montecarlo) y sus resultados no se alteran significativamente.

²² Si se utilizan muchos decimales, como sinónimo de exactitud, se puede inferir que el usuario desconoce la utilidad de estos modelos.

3.- MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL COMPUTABLES: APLICACIONES

3.1.- Introducción y evolución de las aplicaciones internacionales

Después de la primera aplicación de un modelo EGC realizada por Johansen (1960) para Noruega, éstos se han multiplicado en número y en diversidad de los temas tratados, de tal forma que es imposible realizar una recopilación exhaustiva de todos ellos²³. A grandes rasgos, las primeras aplicaciones se centraron en la problemática de los impuestos óptimos y las políticas comerciales en los países desarrollados (años setenta). Las primeras aplicaciones a países en desarrollo fueron realizadas por Adelman y Robinson (1978) para Corea y Taylor y Lysy (1980) para Brasil. A lo largo de los años ochenta, las aplicaciones evolucionaron desde los temas de pobreza, distribución del ingreso y estrategias de desarrollo para países en desarrollo, pasando por aplicaciones dirigidas a las políticas de ajuste estructural y estabilización fruto de las crisis de deuda de países en desarrollo²⁴, hasta llegar a las aplicaciones dirigidas al análisis de políticas y estrategias comerciales en países en desarrollo. En los años noventa, junto con retomar la problemática de la pobreza y la distribución del ingreso, aparecen finalmente las aplicaciones a problemas ambientales y ecológicos²⁵.

Con respecto a la distribución del ingreso, este nuevo marco metodológico permite una mejor perspectiva para el análisis al ser flexibles los precios relativos. De hecho los modelos para Corea y Brasil mencionados trataron principalmente con problemas de distribución del ingreso. A partir de estos trabajos, apareció un interesante debate sobre el efecto que la perspectiva teórica subyacente en el modelo podía tener sobre los resultados, al encontrarse que el modelo Neoclásico generaba insensibilidad en la distribución del ingreso ante un gran número de simulaciones de política para estos países. Como veremos posteriormente, los países en desarrollo no eran muy bien representados por este marco teórico y se incluyeron rigideces estructuralistas en las aplicaciones.

El análisis de políticas comerciales son otra área donde estos modelos se han desarrollado sustancialmente. La mayoría de los modelos EGC aplicados al análisis de aspectos comerciales desarrollados hasta 1990 asumen competencia perfecta y rendimientos constantes a escala. Por tanto los agentes son tomadores de precios, lo que en algunas ocasiones no es realista. Así, en algunas aplicaciones actuales se considera competencia imperfecta debido a que los trabajos más recientes en teoría del comercio internacional sugieren que el bajo nivel de especialización productiva internacional no se debe a características específicas de los países, sino a la existencia de economías de escala y competencia imperfecta (Krugman, 1979). Por tanto, una nueva generación de modelos EGC incluyen competencia imperfecta (Cox y Harris, 1991; Sobarzo, 1991; Brown, Deardorff y Stern, 1991), y rendimientos crecientes a escala. Bajo estos supuestos, la

²³ Gunning y Keyser (1993) realizan una recopilación de más de 140 aplicaciones.

²⁴ Destacan los numerosos trabajos de Dervis y Robinson sobre Turquía.

²⁵ Devarajan (1997) hace una recopilación y explicación de la evolución y características de los modelos CGE aplicados en países en desarrollo con especial atención a las aplicaciones ambientales.

liberalización comercial permitiría incrementar la competencia en las economías, eliminando comportamientos monopólicos de las empresas que redundarían en reducciones de precios, y no necesariamente caída en el producto (más bien al contrario por la existencia de rendimientos crecientes y la generación de una mayor demanda procedente de los mercados externos.

En los modelos para un único país, se determinan los precios relativos domésticos y el tipo de cambio real que equilibran los mercados de bienes y factores cumpliendo con la restricción de balanza de pagos. En los modelos para varios países se resuelve para los precios relativos mundiales de tal forma que se vacíe el mercado mundial de productos transables y el conjunto de tipos de cambio reales de tal forma que cada país satisfaga su restricción presupuestaria. Como se ha mencionado en el apartado anterior, los productos se suelen diferenciar siguiendo el supuesto de Armington.

Finalmente, los modelos para países en desarrollo se apartan más de la ortodoxia Walrasiana, al presentar éstas economías rigideces estructurales como salarios fijos, ausencia de movilidad de factores, etc.²⁶

3.2.- Aplicaciones con Modelos EGC en Chile

Las aplicaciones de modelos de equilibrio general computables para Chile son pocas. En general estas aplicaciones han sido destinadas a analizar el efecto de cambios en la política arancelaria, que ha estado de moda debido al debate existente sobre acuerdos comerciales entre Chile y el Mercosur, Nafta, Unión Europea y Asia Pacífico. Otros modelos han intentado analizar los efectos en el resto de la economía de la política tributaria, y sus posibles cambios.

Para el caso de análisis de políticas arancelarias existen dos aplicaciones con modelos de equilibrio general computable: Coeymans y Larraín (1994) y Harrison, et. al. (1997). En estos dos modelos se utilizan técnicas similares para analizar el efecto de la entrada de Chile a distintos acuerdos comerciales.

Coeymans y Larraín (1994) realizan un estudio de la incorporación de Chile al Nafta. Para esto se usa un modelo para una economía pequeña y abierta (SOE), que considera seis sectores productivos y 3 regiones que comercian entre sí (Chile, EE.UU., Resto del Mundo (ROW)). Los datos que se utilizan para este estudio provienen principalmente de la I-O de 1986. Los resultados de este estudio indican que un acuerdo entre Chile y EE.UU. genera una recomposición de comercio exterior hacia EE.UU., y que en general existe una serie de beneficios que justifican el acuerdo. En los dos escenarios en que se evalúa la medida – corto y largo plazo – las exportaciones e importaciones crecen, en todos los sectores. En el corto plazo aumenta la producción en todos los sectores excepto en la industria, en tasas cercanas al 0,3%. El empleo por su parte crece en los sectores agrícola, minero y pesquero, y cae en los sectores industrial y servicios. En el largo plazo la producción aumenta en un alto porcentaje en todos los sectores (9-12%). En cuanto al

²⁶ Para un revisión detallada de modelos y aplicaciones estructuralistas véase Taylor (1990).

empleo, éste aumenta en los sectores minero (6,86%) e industrial (2,6%), cayendo levemente en el resto (0,16%-0,57%).

Harrison, Rutherford y Tarr (1997) construyen un modelo que utiliza la base de datos del programa GTAP (Global Trade Analysis Project)²⁷. Es un modelo multiregional, con 11 regiones y 24 sectores productivos. En este estudio se analiza la entrada de Chile al Mercosur, Nafta, Unión Europea y el Resto de Sudamérica (RSA), y los efectos en desviación de comercio. Los resultados del estudio son interesantes dado que indican que los acuerdos de libre comercio que firme Chile son beneficiosos con algunos países y no tanto con otros. Adicionalmente, los cambios en la política tributaria son importantes en el resultado a nivel agregado. Así, el escenario más beneficioso a nivel global es un acuerdo con todas las regiones (NAFTA, MERCOSUR, U.E. y RSA). A nivel sectorial, los más perjudicados en un acuerdo con el Mercosur son los sectores de Otros Granos con una caída del 27% en la producción y el sector Químicos y Plásticos con una caída del 22%. Los más beneficiados son los sectores de Industria de Transporte, Maquinarias y equipamiento, Metales Ferrosos Primarios y Lácteos. En un escenario con el Nafta los perjudicados son los sectores Agrícola Tradicional, Químicos y Papeleros, mientras que los más beneficiados son los sectores de Transporte, Metales Ferrosos, Cultivos No de Grano y Lácteos. Con una baja de aranceles unilateral se benefician los sectores de Transporte y Metales Ferrosos, y salen perjudicados el Sector Agrícola, Químico y Textil, entre otros.

Un tercer estudio, Ruiz y Yarur (1990), analiza mediante un modelo SOE dinámico recursivo los efectos en la economía de un cambio en la política tributaria. Este estudio utiliza datos procedentes de la I/O de 1977, para analizar los efectos en la economía del cambio de distintos impuestos. Los resultados de este estudio indican que el único impuesto que tiene efectos relativamente altos es el IVA, que con un aumento de un 12,5% genera en un escenario de alto ahorro de gobierno hasta un aumento de un 3% en el PGB en el décimo año, y un aumento de cerca del 10% en la inversión en el mismo período. El resto de los impuestos analizados (Impuesto de 1ª categoría, Impuesto a los combustibles, Renta Presunta) tienen efectos marginales tanto en el PGB -donde no alcanzan el 1% en general y en la mayoría de los casos no llega al 0,1%- como en la inversión. En cuanto al Coeficiente de Gini, éste no varía sustancialmente en los casos anteriores, sin superar el 1% de mejora, a excepción del aumento en el IVA en donde puede llegar al 2,5% e incluso al 3% con bajo ahorro de gobierno.

La aplicación más reciente, es el trabajo de Bussolo, Mizala y Romaguera (1998). Este estudio intenta analizar los efectos de acuerdos comerciales, centrándose en el mercado laboral. El modelo incluye 24 sectores productivos y 7 categorías ocupacionales, que están tomados de una actualización de la SAM de 1986 a 1992. El artículo analiza los efectos de una reforma arancelaria en dos formas. En primer lugar se asume un mercado laboral competitivo, y luego se relaja este supuesto introduciendo ciertas rigideces en este mercado (cambios en la negociación salarial y salarios mínimos). En este marco los resultados del primer escenario muestran que solo hay pequeñas ganancias agregadas de reducir los aranceles por debajo de su nivel original, y más aún, que acuerdos regionales

²⁷ Proyecto desarrollado en Purdue University para el análisis de comercio mundial, que ha generado un modelo EGC global en el que se incorporan SAMs homogéneas para todos los países.

pueden generar efectos negativos por desviación de comercio. En términos agregados los resultados de un acuerdo con el MERCOSUR no difieren muchos de uno con el NAFTA, aunque si hay diferencias a nivel sectorial. Los sectores más perjudicados en un acuerdo con el NAFTA son los Químicos y Otras Manufacturas, mientras que en un acuerdo con el MERCOSUR, son Productos Metálicos y los Cueros. En cuanto al mercado laboral, el NAFTA tiene mayores ganancias en términos de incremento del salario real. Por otra parte, en ambas simulaciones se estrecha los diferenciales de salario entre el trabajo calificado y el no calificado.

Cuando se incorporan las rigideces en el mercado laboral, los resultados cambian. Al incorporar un salario mínimo desaparece el efecto de reducción de la brecha salarial mencionada. Sin embargo, al incluir cambios en la negociación salarial, se obtienen resultados contraintuitivos. En general, los resultados parecen indicar que la mezcla de políticas comerciales con la flexibilización del mercado laboral genera un mayor aumento del comercio internacional, en desmedro de la política comercial pura. Estos resultados se explican por la reducción de rentas monopólicas en el mercado laboral. En todo caso, los autores notan que hay aumentos significativos en los salarios reales para la mayor parte de las categorías ocupacionales.

4.- MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL COMPUTABLE Y MEDIO AMBIENTE

4.1.- Macroeconomía y medio ambiente

En De Miguel y Miller (1998) se presenta un análisis sobre las relaciones entre macroeconomía, políticas económicas y medio ambiente. Entre las conclusiones extraídas de Gandhi-FMI (1995) destacan:

- i) La estabilidad macroeconómica es condición mínima y necesaria para preservar el medio ambiente.
- ii) La degradación ambiental generalmente está causada por fallos en el mercado, en las políticas o en las instituciones relativos al uso de los recursos ambientales.
- iii) Las políticas macroeconómicas pueden tener impactos adversos sobre el medio ambiente pero solamente cuando existen las fallas previamente mencionadas, aunque es muy difícil predecir la seriedad de esos impactos.
- iv) Las políticas macroeconómicas son ineficientes e inadecuadas como instrumento para mitigar la degradación ambiental, objetivo para el que es más adecuado desarrollar políticas ambientales directas.
- v) El análisis de equilibrio general a partir de los modelos de equilibrio general (EGC) es el principal mecanismo para obtener conclusiones a nivel de país con respecto a sí políticas macro, o sus reformas, pueden afectar al medio ambiente y en que forma.

Muchas de estas conclusiones han sido ratificadas por las aplicaciones de modelos EGC con medio ambiente. En concreto, las múltiples aplicaciones para Costa Rica así lo muestran (Persson y Munasinghe 1995, Dessus y Bussolo 1996, Rodríguez et al. 1997).

En los siguientes apartados se determinará cómo se puede modelar el medio ambiente en un modelo EGC y cuales son las aplicaciones más comunes.

4.2.- El medio ambiente en los modelos de equilibrio general: Aspectos teóricos

En este apartado nos centraremos en las formas de modelar las variables ambientales en un modelo EGC, en concreto la contaminación, con referencias más limitadas a los recursos naturales.

Es posible clasificar los modelos EGC ambientales en diferentes tipos de acuerdo a como se modelen y evalúen las actividades contaminantes. Un primer grupo lo formarían los basados en la estructura estándar de un modelo EGC en el que la contaminación se estimaría usando coeficientes fijos de intensidad de emisiones. Es decir, la contaminación o las emisiones son una proporción del producto sectorial final o de los insumos intermedios. Estos modelos alteran el nivel de contaminación mediante cambios en el nivel de impuestos o precios como resultado de cambios en la regulación ambiental. La aplicación de este tipo

de modelos a problemas energéticos no es muy recomendable al carecer de posibilidades de sustitución entre los distintos tipos de energía o cualquier otro insumo. En estos modelos, los insumos intermedios, incluyendo la energía entran en la esfera de la producción como un bien intermedio agregado cuya sustitución es imperfecta. Esta es la metodología seguida en la mayor parte de los modelos aplicados a países en desarrollo, especialmente si no hay datos ambientales exactos, como información sobre posibilidades de abatimiento y sus costos.

El segundo tipo de modelos EGC ambientales, usados principalmente para la fijación de precios de la energía, incorporan las variables ambientales de forma diferente. Lewis (1993) presenta un modelo que incorpora posibilidades de sustitución entre un grupo de insumos energéticos, que usualmente se dividen entre combustibles limpios (Gas Natural, Diesel, Kerosene) y sucios (Gasolina, Carbón, Fuel, etc.). Al uso de cada grupo de insumos (limpios o sucios) se le asocian diferentes niveles de emisiones de distintos tipos de contaminantes (CO₂, NO_x, SO_x, VOCs, PM₁₀, etc.). En la mayoría de las simulaciones de este tipo la inversión se mantiene constante, y la igualdad ahorro-inversión se logra mediante el ajuste de las transferencias netas del gobierno.

Jorgenson y Wilcoxon (1990) incorporan los costos de control de emisiones en las funciones de producción sectoriales. Algunos modelos aún más sofisticados incorporan funciones de daño y los efectos de la contaminación sobre la productividad (Bergman, 1990) y otros consideran los efectos de la contaminación en la mortalidad y morbilidad (Beghin et al. 1996).

Es posible encontrar modelos donde los efectos sobre el consumo de la contaminación y las actividades de abatimiento han sido incorporados en la función de utilidad. Robinson (1990) incluye este efecto mediante una función de utilidad Stone-Geary. Piggot, Whalley y Wigle (1992) incluyen los beneficios de reducir las emisiones en las funciones de utilidad. Perroni y Wigle (1994) y Tsigas et al (1997) incluyen las variaciones en la calidad ambiental dentro de la función de utilidad.

Pese a que la mayoría de los modelos consideran estas modificaciones sobre las funciones de producción, y algunos sobre las funciones de utilidad, no hay muchos ejemplos donde se modelen la posibilidad de abatimiento o el cambio tecnológico hacia tecnologías más limpias. Robinson et al (1993) identifica tecnologías con niveles de contaminación para distintas actividades. Para estimar los niveles de abatimiento de cada tecnología, fijan los costos marginales de abatimiento constantes e iguales al costo unitario de los insumos requeridos por la tecnología de abatimiento. Nestor y Pasurka (1994 y 1995) modelan las actividades de abatimiento en un contexto de insumo-producto, representando los procesos de abatimiento y los impuestos en base a coeficientes de insumo-producto.

Xie (1995) desarrolla un modelo para evaluar actividades de abatimiento en China. Es un modelo EGC económico estándar que fue modificado para incluir 14 ecuaciones ambientales. El modelo se calibra usando datos sobre abatimiento que habían sido incorporados en una matriz de contabilidad social ambientalmente extendida.

El tratamiento de las emisiones de contaminantes al agua o la tierra es muy similar. Después de establecer las variables causales correspondientes –usualmente ligadas a la producción de determinados sectores- se desarrollan coeficientes que determinan los impactos (niveles de emisión, uso de pesticidas, desechos peligrosos, RILES, etc.). Con los Recursos Naturales, no renovables y renovables, o incluso la erosión de la tierra, el procedimiento suele ser el mismo (Rodríguez et al 1997). Existe la posibilidad de incluir la tierra o un recurso natural como factor productivo, acompañando al capital y trabajo en la función de producción. Esto permite identificar rentas de la tierra (que puede gravarse específicamente para limitar el uso del factor) e incluir el concepto del “capital natural” (Dessus y Suwa-Eisenmann 1998). En el último caso, el Patrimonio Natural Nacional que significan algunos recursos naturales puede ser protegido mediante impuestos a dicho “capital” que permitan internalizar la característica de “Patrimonio Nacional” de estos recursos.

4.3.- El medio ambiente en los modelos de equilibrio general: Bases de Datos

Los modelos de equilibrio general computable usan como base de datos las matrices de contabilidad social. Sin embargo, éstas no incluyen variables ambientales como emisiones de contaminantes al aire, agua o suelo, residuos peligrosos, etc. ni tampoco incluyen los recursos naturales ni la calidad ambiental. Por tanto, lo normal es que se deba extender la SAM con datos ambientales.

Las actividades económicas, además de consumir recursos naturales, generan emisiones (subproductos del proceso productivo). Pese a ello los sistemas de cuentas nacionales no consideran datos ambientales relacionados con los mecanismos que determinan el flujo circular de la renta. Algunos trabajos proponen crear un sistema integrado de contabilidad económico-ambiental que sirva para evaluar políticas para alcanzar el desarrollo sustentable. También se argumenta que la degradación ambiental debe ser descontada (depreciada) del sistema de cuentas nacionales, pues esto permitiría una estimación real del crecimiento económico del país (Dasgupta y Mäler 1991). Pese a todo, aún no existe un sistema de contabilidad ambiental formal que sea estándar. Los trabajos de Keuning (1992, 1994) propone la construcción de una matriz de contabilidad nacional de cuentas ambientales o un sistema de SAM ambientalmente extendida (SESAME). Esta matriz integraría variables económicas y contaminación. Las variables económicas se expresarían en términos monetarios y las ambientales en términos físicos. La contaminación procedente de actividades como producción, consumo, importaciones, etc. se presentaría en una cuenta de emisiones. Lamentablemente las variables ambientales no estarían expresadas en términos económicos. Además, las actividades enfocadas a la reducción de emisiones no están considerada por lo que no es útil para evaluar actividades o políticas de abatimiento.

En América Latina existen intentos para incorporar las cuentas ambientales en el sistema de cuentas nacionales en varios países, Bolivia, Ecuador, Costa Rica (Alarcón 1990, 1996, 1997), etc. y en forma genérica por CEPAL (1994).

La mayoría de los modelos EGC utilizan SAM extendidas que incorporan solamente emisiones y/o costos de abatimiento. Xie (1995) construyó una SAM ambiental que consideraba las emisiones contaminantes (residuos líquidos, residuos sólidos y polvo en suspensión). La información consideraba las actividades de abatimiento para distintos sectores, los pagos sectoriales para evitar emisiones, los impuestos pagados por emisiones, los subsidios para el control de emisiones y la inversión ambiental sectorial (plantas de tratamiento de residuos y equipos de control). Todas esas actividades se diferenciaban por tipos de producción, convirtiéndose en una base de datos consistente para calibrar inicialmente un modelo con actividades de abatimiento. Esto permitió el uso de datos reales sobre costos de abatimiento para evaluar políticas y sus costos de abatimiento asociados.

4.4.- El medio ambiente en los modelos de equilibrio general: Aplicaciones

Como ya se anticipó en apartados anteriores, empiezan a ser cada vez más los modelos de equilibrio general computable que incluyen variables ambientales. La preocupación por evaluar las externalidades ambientales de las políticas económicas, los efectos sobre precios, cantidades y estructura económica y social de las políticas ambientales, los impactos directos e indirectos que cualquier política tiene sobre las tres esferas del desarrollo sustentable hace necesario el marco de análisis amplio que refleje todas las interrelaciones que sólo los modelos EGC tienen. Por tanto, además de las aplicaciones tradicionales donde a través de un modelo EGC se estudiaban los impactos ambientales de una política económica, cada vez es más relevante analizar en un contexto de equilibrio general los impactos sobre la economía de aplicar una política ambiental (Bergman 1991).

Aunque los primeros modelos EGC ambientales aparecieron a finales de los ochenta con las contribuciones de Forsund y Strom (1988) y Dufournaud et al (1988), hoy existen multitud de aplicaciones. De la revisión bibliográfica realizada se encuentran varios aspectos ambientales donde destaca la aplicación de modelos EGC:

- a) Modelos usados para evaluar los efectos de las políticas comerciales o los acuerdos comerciales internacionales sobre el medio ambiente (Lucas et al 1992, Grossman y Krueger 1993, Beghin et al. 1996, Madrid-Aris 1998, o diversas aplicaciones en el marco del Programa de Análisis del Comercio Global, GTAP).
- b) Modelos usados para evaluar el Cambio Climático o el Calentamiento Global (Bermang 1991, Jorgenson y Wilcoxsen 1993, Li y Rose 1995, o Rose et al 1998). Usualmente centrados en la estabilización de las emisiones de CO₂, NO_x y SO_x.
- c) Modelos centrados en los problemas energéticos (Piggot et al. 1992, Goulder 1993, Rose et al. 1995). Suelen usar impuestos a la energía o tarificación energética para evaluar los impactos que cambios en el precio de la energía pueden tener sobre la contaminación o el control de costos.
- d) Modelos de asignación o manejo de recursos naturales (Robinson y Gelhar 1995, Mukherjee 1996) . El objetivo suele ser la asignación interregional o intersectorial de recursos naturales de uso múltiple en forma eficiente. Por ejemplo, Recursos Hídricos entre agricultura, minería, industria, turismo, consumo humano y cauces ecológicos.

- e) Modelos enfocados a la evaluación de los impactos económicos de regulaciones ambientales específicas como el Acta de Aire Limpio de los EEUU o de instrumentos ambientales (Jorgenson y Wilcoxon 1990, Hazilla y Kopp 1990).

Como puede verse por los temas en que se ha aplicado este instrumento, su relevancia y oportunidad en Chile es clara, ya que en las cinco áreas de estudio existen preguntas que el país tiene planteadas y en las que busca respuestas.

En la literatura solamente se ha podido encontrar un estudio aplicado a Chile que se clasificaría dentro del primero de los grupos. Este único modelo que se ha realizado con el objeto de estudiar distintas políticas ambientales es el modelo de Beghin et al. (1996). Este estudio intenta mediante un modelo de equilibrio general computable dinámico, analizar el impacto al medio ambiente de realizar políticas ambientales, liberalización comercial y acuerdos comerciales. Para ello se construye un modelo multiregional que incluye 26 regiones y 72 sectores productivos.

En el análisis se calcula las emisiones debido a la actividad productiva estimadas a nivel nacional y calibradas para Santiago. Por otra parte, utilizando un modelo de dispersión lineal de contaminantes al aire se calculan las concentraciones de partículas para Santiago. Por último, mediante funciones de dosis respuesta se traslada estas concentraciones hacia índices de mortalidad y morbilidad.

Los resultados indican que el material particulado así como el SO₂ y el NO₂ son complementarios en la actividad económica, y su abatimiento es el que produce un mayor efecto en la reducción de mortalidad y morbilidad. Por otra parte al analizar el posible ingreso de Chile al Nafta, éste aparece como beneficioso para el medio ambiente, no así con el ingreso al Mercosur o la baja unilateral de aranceles. Los sustitutos de los contaminantes antes mencionados son gases tóxicos y bio-acumulativos, que aumentan en emisiones y concentración con la incorporación de impuestos a los primeros, provocando un efecto neto negativo en los índices de mortalidad y morbilidad utilizados.

El modelo se resuelve de forma dinámica recursiva para el año 2010²⁸ y los escenarios son calculados para ese momento. Las reducciones de emisiones se hacen de la siguiente manera: 10% en 1995, 15% el 2000, 20% el 2005 y 25% el 2010. Esto implica que solo conocemos el resultado final y no la trayectoria que irá tomando la economía.

En este sentido, dado que el análisis comparativo de las distintas políticas se realiza en el 2010, es necesario considerar que, aún cuando los efectos de largo plazo son relevantes, no dejan de ser sumamente importante las consecuencias de implantar políticas ambientales en el corto y mediano plazo sobre la situación inicial y la trayectoria de las distintas variables económicas, sociales y ambientales. Así, en el corto plazo los efectos de la reducción del 10% de las emisiones podrían ser muy graves sobre algún sector, tanto así, que podrían llevar a ser políticamente inviable implementar las políticas planteadas. Por

²⁸ El modelo utiliza la SAM de 1986 actualizándola a 1992. A partir de ésta información, las proyecciones internacionales de crecimiento y la resolución dinámica del modelo, se obtiene el escenario base para el 2010 con respecto al que se comparan las distintas políticas.

otra parte, el sólo hecho de introducir una reducción del 25% de las emisiones de cada tipo de contaminantes tiene efectos sobre el producto, la inversión, la oferta de capital, exportaciones e importaciones y efectos menores sobre el ingreso real, la oferta de trabajo, el consumo y la producción que han de ser considerados.

El abatimiento de los desechos biológicos al agua mediante impuestos, según el modelo, es el que mayor impacto económico conlleva, lo que desaconsejaría gravar las emisiones de este tipo de residuos. El resto de contaminantes tiene efectos cuantitativos positivos o negativos menores al 3% en general, destacando el SO₂, NO₂ y el material particulado que tiene efectos sobre las exportaciones e importaciones en torno a esa cifra.

La apertura comercial tiene mayores efectos sobre el escenario base al realizarse unilateralmente: incrementos del 5,6% en el producto, 17,7% en la inversión, 18% en las exportaciones y 29,1% en las importaciones. Un acuerdo con el NAFTA o el MERCOSUR por sí solos tienen efectos bastante menores. Por su parte, si un acuerdo con el NAFTA va acompañado de políticas de reducciones en las emisiones, puede reportar efectos no muy diferentes a sí el NAFTA se implanta sin ellas.

En cuanto a la implantación de impuestos para alcanzar las reducciones en emisiones consideradas, conjuntamente con una baja unilateral de aranceles, esta alternativa muestra efectos interesantes puesto que en todos los escenarios los efectos económicos agregados siguen siendo positivos salvo con los efluentes biológicos al agua.

En el ámbito sectorial, los sectores más afectados por los impuestos para la reducción de emisiones son los sectores mineros, mientras que los beneficiados son los sectores pesqueros y forestal, aunque con algunos contaminantes puedan verse perjudicados. Al mirar los efectos sectoriales con una baja unilateral de aranceles, los sectores químicos y petrogas son los más perjudicados, mientras que el resto de los sectores tienen efectos más positivos. Un acuerdo con el NAFTA, no cambia mucho el escenario, pero sí afecta fuertemente al sector cuprífero. Un eventual acuerdo con MERCOSUR, sólo tiene fuertes impactos negativos sobre la pesca y el hierro, pero el cobre tiene mayores beneficios que en las otras dos situaciones. Para la combinación de un acuerdo con NAFTA y la reducción de emisiones los efectos son ambiguos, puesto que dependiendo del contaminante los sectores pueden verse perjudicados o beneficiados, salvo el sector frutícola y el conservero que se ven fuertemente beneficiados con cualquier combinación. En el caso de realizar una baja unilateral de aranceles, conjuntamente con reducir las emisiones, no se alcanza una conclusión clara, puesto que algunos contaminantes afectan fuertemente a algunos sectores, tanto positiva como negativamente, por lo que para tener una visión más nítida se debe analizar sector por sector y contaminante por contaminante. En todo caso los efectos no son en ningún caso de menor orden, por lo que cabe preguntarse hasta que punto es viable realizar este tipo de políticas al haber sectores fuertemente perjudicados y otros muy beneficiados.

Cabe por último señalar que en el estudio se analiza los efectos de salud y económicos de manera independiente, lo cual lleva a la pregunta de sí en términos estrictamente económicos a nivel agregado vale la pena o no realizar estas políticas. Sería necesario cuantificar los costos y beneficios de la reducción en mortalidad y morbilidad

fruto de las políticas destinadas a la reducción de las emisiones para compararlos con los impactos de éstas sobre los distintos sectores productivos y las variables económicas agregadas, o aún mejor endogeneizar en el modelo el módulo de salud. Cabe recordar que en el plan de descontaminación de Santiago, la principal fuente de beneficios no se alcanza por el lado de la salud (CONAMA 1997, 1998).

4.5.- Impuestos Ambientales y su interés para las aplicaciones con modelos EGC Ambientales

El concepto de impuestos ambientales tiene una larga trayectoria desde que Pigou planteara un impuesto para incorporar las externalidades en la función de costos de los privados, para de esta forma corregirlas mediante su internalización. A pesar de ello, existen diversas restricciones a éste concepto. En primer lugar se debe cumplir con el supuesto de competencia perfecta en el mercado de referencia. En presencia de un monopolio no se puede asegurar el mismo resultado, pues con un sólo instrumento (el impuesto) no se pueden corregir dos problemas (el monopolio y la externalidad asociada). En este caso, se puede llegar fácilmente a un caso donde el óptimo social sea aplicar un subsidio a la producción y no un impuesto. El segundo supuesto no es tan fuerte como el primero, pero sí importante desde el punto de vista operativo. Para asegurar la llegada al óptimo social, se requiere conocer las funciones de costos marginales asociados a la externalidad y de beneficios marginales sociales (o bien la curva de demanda). En todo caso se puede levantar el supuesto si se asume que en un ejercicio repetido se puede, mediante prueba y error, llegar al impuesto óptimo.

En cuanto a la teoría de impuestos óptimos en presencia de externalidades, ésta dice que el impuesto óptimo es el impuesto que internaliza la externalidad. En este sentido en presencia de impuestos previos distorsionadores el óptimo social se alcanza con un impuesto adicional al bien que produce la externalidad en una cantidad que incorpore los costos (beneficios) asociados a esta, en el mismo sentido que Pigou (Auerbach 1985). En general, la teoría de impuestos óptimos ha encontrado evidencia de que el impuesto óptimo en presencia de otros impuestos distorsionadores es menor al calculado por Pigou. Bovenberg y de Mooij (1994) encuentran que el impuesto óptimo en presencia de otros impuestos distorsionadores es menor al daño social producto de la contaminación. Bovenberg y Goulder (1996) por su parte, encuentran que el impuesto óptimo debe ser el daño marginal ambiental (DMA) dividido por el costo marginal de fondos públicos (CMFP)²⁹. Al existir impuestos previos distorsionantes incluso se puede llegar a alcanzar impuestos ambientales negativos. El razonamiento detrás de este resultado es que al incorporar un impuesto al bien "sucio", este eleva los costos de producción de este bien, lo cual hace que exista sustitución en el consumo del mismo, erosionando la base tributaria, y por lo tanto impidiendo una reducción del impuesto distorsionante, además de incrementar el costo de vida de las personas. En todo caso, Jaeger (1999) llega a resultados distintos de

²⁹ Este estudio incorpora un impuesto a un bien "sucio" mediante el cual se reducen las emisiones de CO₂ en un contexto estático. Así, para daños menores a 50 dólares por toneladas de CO₂, el impuesto ambiental puede incluso ser negativo. Goulder (1995) amplía este modelo a un contexto dinámico y encuentra a su vez que el impuesto óptimo es menor al impuesto pigouviano.

los anteriores, encontrando que el impuesto óptimo debe en realidad ser mayor al impuesto pigouviano.

Otro punto importante es que los estudios empíricos (Bovemberg y Goulder 1996), muestran que los sistemas impositivos al no ser óptimos (desde el punto de vista de minimizar de la pérdida social), llevan a un impuesto ambiental óptimo aún menor al que predice la teoría.

Por otro lado, existe la discusión respecto de la viabilidad de usar impuestos a las emisiones. Fullerton y West (1999), en una aplicación muy interesante, encuentran que para el caso de los vehículos motorizados, mediante varios instrumentos (un impuesto a la gasolina, otro al tipo y edad del motor y un subsidio a las tecnologías de control), se puede replicar la situación de un impuesto a las emisiones. Este resultado no deja de ser importante, pues de encontrar evidencia que un impuesto a las emisiones mejora el bienestar, aún cuando este no sea aplicable, se pueden buscar las formas para llegar al mismo resultado.

4.6.- Modelos EGC y el debate sobre el Doble Dividendo Ambiental³⁰

El concepto de doble dividendo surge de la posibilidad de obtener beneficios adicionales de la introducción de impuestos ambientales en la economía que mejoren el ambiente. Así, teóricamente deben aparecer otros beneficios de la introducción de impuestos ambientales como: mejoras en el bienestar de los individuos, solución a los problemas de desempleo, mejoras en la distribución del ingreso, aumento del producto o mayor crecimiento, etc.

El mecanismo que genera este segundo dividendo ó beneficio “secundario” hay que buscarlo en los cambios en la carga tributaria. Al introducir impuestos ambientales, éstos reemplazan a otros tributos que son “más” distorsionadores, por lo que se genera una mejora en eficiencia en la economía, generando beneficios adicionales a la mejora ambiental en si, es decir un “segundo” dividendo. En la práctica existente dos corrientes de estudios que han analizado la existencia de doble dividendo.

Distorsiones en el sistema tributario

El primer grupo de estudios analiza las distorsiones del sistema tributario, enfocándose primordialmente en el bienestar individual y las mejoras en este. En este punto se definen dos formas de doble dividendo: una débil y otra fuerte (Goulder 1994). La forma débil de doble dividendo se refiere a que el reemplazar impuestos distorsionadores por un impuesto ambiental tiene menores costos asociados, que el caso de devolver la cantidad recaudada por el impuesto ambiental en una transferencia a suma alzada. Por lo tanto al introducir un nuevo impuesto ambiental, se obtienen mayores beneficios al reducir otro impuesto distorsionante, lo cual genera un segundo dividendo.

³⁰ Para una revisión más completa de la literatura de doble dividendo ver Goulder (1994), Fullerton y Metcalf (1997) y Bosello, Carraro y Galeotti (1998).

Por otra parte el doble dividendo "fuerte" considera que al reemplazar un impuesto distorsionante por otro ambiental se obtiene un segundo dividendo en términos de una reducción en los costos tributarios. Lo que aquí se plantea es que la introducción de un impuesto "verde", al reemplazar otro impuesto distorsionante, tiene costos netos menores que cero. Es decir, al realizar la reforma tributaria se corrigen distorsiones presentes en el sistema disminuyendo los costos de los impuestos. Este concepto es en realidad mucho más interesante pues permite mediante una reforma tributaria lograr mejoras ambientales y de eficiencia económica. Repetto et. al. (1992) muestran que reformas impositivas "verdes" pueden mejorar el bienestar de la economía si se recicla los ingresos para reducir otros impuestos más distorsionadores.

Existen grandes críticas a la existencia de un doble dividendo fuerte (el doble dividendo débil es en general aceptado³¹). La discusión se ha dado principalmente en EE.UU. y Europa con la posible incorporación de impuestos a la emisión de CO₂³². Las críticas surgen principalmente del hecho de que al incluir nuevos impuestos, éstos tienen costos asociados, y generan otras distorsiones en el mercado, por lo que no habría en general un segundo dividendo (al menos en el sentido fuerte). Esto toma especial énfasis cuando en la situación previa existen impuestos distorsionadores. Los modelos más simples (Bovemberg y de Mooij 1994), incluyen dos bienes, uno "limpio" y uno "sucio", además de un único factor productivo, el trabajo. Se considera en este modelo un impuesto al trabajo en la situación inicial. Así, al realizar una reforma tributaria hacia un impuesto al bien "sucio"- manteniendo la recaudación del gobierno constante- se tiene que hay dos efectos. En primer lugar se reduce el impuesto al trabajo aumentando el salario neto de los trabajadores. Al mismo tiempo el impuesto al bien sucio aumenta el precio del bien "sucio", y por lo tanto: a) disminuye su demanda y b) aumenta el índice de precios y con ello disminuye el salario real del trabajador. Estos efectos, además de no ser menores de acuerdo a los autores, generan una sustitución hacia ocio por parte del consumidor, y por ende en general son más fuertes que el impacto de reducción de impuestos al trabajo inicial. Esto lleva a descartar el doble dividendo fuerte. Otros autores han ampliado esta línea con modelos más complicados (Bovemberg y Goulder, 1996 incluyen insumos intermedios, Goulder, 1995 dinamiza el modelo incluyendo un segundo factor productivo, capital), pero en general llegan a resultados similares, tanto teóricos como empíricos. En los estudios empíricos se encuentra evidencia de que los efectos pueden ser aun mayores por el hecho de que los impuestos distorsionadores previos no son los más "óptimos" desde el punto de vista recaudatorios³³.

³¹ Hansen (1998) muestra que en presencia de grupos de poder, la recaudación por impuestos "verdes" puede terminar utilizándose para compensar a los contaminadores. Lo cual lleva a que no existan ganancias en bienestar y por tanto cierne dudas incluso de la existencia de doble dividendo débil.

³² La problemática que hay implícita es que en el caso de las emisiones de CO₂ no se tiene claro que exista un problema aún, es decir, no hay consenso de que el calentamiento global sea en realidad un problema. Bajo esta perspectiva entonces, no teniendo claro los beneficios asociados al primer dividendo, si el segundo beneficio existe, incluir impuestos a las emisiones de CO₂, aún puede ser beneficioso. Ahora bien, si el segundo dividendo no existe, entonces, dado que el primer dividendo es incierto, no es claro que sea positivo incorporar este impuesto.

³³ Los autores en general encuentran que si los impuestos fueran óptimos desde la perspectiva de recaudación (minimizando la pérdida social), podría revertirse este resultado pero aún así no habría necesariamente un doble dividendo. Este dependería de la magnitud del impuesto, así para niveles bajos de impuestos ambientales se podría tener un doble dividendo o al menos una situación neutra.

Por su parte, Koskela, Schöb y Sinn (1999) encuentran que para el caso de una pequeña economía abierta con alto desempleo (se refiere a un país europeo), una reforma tributaria ambiental moderada puede elevar el empleo y la competitividad del país. La principal diferencia con los estudios de Bovemberg y de Mooij (1994) y Bovemberg y Goulder (1995) son la incorporación en este caso de factores "limpios" y "sucios" en vez de bienes. En este caso el factor contaminante, energía, es importado, por lo que un impuesto al uso equivale en cierta forma a un arancel. Este impuesto por otra parte genera que se sustituya energía por el otro factor (trabajo), lo cual produce el boom de empleo. No es difícil ver que en este modelo el supuesto de desempleo es clave para la existencia del doble dividendo, con lo cual se cumple la tesis de Bosello, Carraro y Galeotti (1998) de que en general los supuestos de modelación influyen en los resultados obtenidos por los distintos estudios.

En otra línea, Bento y Rajkumar (1998) indican que los supuestos asumidos por los estudios previos (i.e. Bovemberg y de Mooij 1994, Goulder 1995, Bovemberg y Goulder 1996) en general son importantes a la hora de evaluar los resultados. Según ellos, los cuatro supuestos: a) el bien "sucio" como un sustituto del ocio; b) la calidad ambiental separable del resto de los argumentos en la función de utilidad; c) la función de producción lineal o con retornos constantes a escala; y d) la no existencia de impuestos al capital, y por lo tanto, el impuesto al trabajo y el impuesto al bien "sucio" o bien las emisiones como los únicos instrumentos recaudatorios; son los causantes de que no se genere un doble dividendo. Una vez que se relajan estos supuestos sí podría existir un doble dividendo. En particular muestran que solo relajando el supuesto de retornos constantes a escala³⁴ se puede tener un segundo dividendo positivo.

Parry y Bento (1999), al incorporar a su modelo la posibilidad de deducir al impuesto al trabajo parte del consumo de los individuos, encuentran que sí existe fuerte evidencia de doble dividendo al reemplazar impuestos ambientales por impuestos al trabajo. Este estudio tiene la particularidad de que incluye otros instrumentos de regulación ambiental. Así, analiza la posibilidad de utilizar un sistema de permisos transables. En este sentido se encuentran resultados similares para el caso de un sistema donde se rematan los permisos. No existiría doble dividendo cuando se entregan los permisos en forma gratuita.

En todo caso la discusión no ha terminado. Jaeger (1999), encuentra que los trabajos previos de impuestos óptimos y doble dividendo, en especial los de Bovemberg y de Mooij (1994) y Bovemberg y Goulder (1996) no comparan bien los resultados. En sí, Jaeger sostiene que en los modelos previos se compara el efecto del daño marginal ambiental normalizado por ingreso bruto, versus la ganancia de bienestar individual normalizado por ingreso neto, lo cual produce que el impuesto óptimo sea menor al pigouviano. Corrigiendo este efecto, Jaeger encuentra que el impuesto en realidad no es menor al pigouviano, sino mayor. Así surge nuevamente la posibilidad de que exista un doble dividendo. En cuanto a los modelos numéricos, Jaeger postula que se incurre en el mismo error al obtener los

³⁴ La razón para relajar este supuesto según los autores, es que los impuestos al carbono en general son impuestos a bienes cuya producción es intensiva en recursos no renovables, por lo que no presentan retornos constantes.

resultados medidos en términos brutos (el daño marginal ambiental) y luego compararlos con la tasa de impuestos al contaminante pagado con el ingreso neto de los contribuyentes.

Otros estudios relacionados al tema entregan evidencia indirecta de doble dividendo. En Europa, recientemente se ha discutido las implicaciones de impuestos al carbono (Carbon Taxes). Se argumenta en contra de impuestos unilaterales pues habrá sustitución de emisiones hacia otros países y una pérdida de competitividad en el país donde se realice la reforma impositiva. Welsch (1996) encuentra que dependiendo de lo que se haga con los recursos recaudados esto no debe necesariamente ser así. En particular, si se utilizan para reducir otros impuestos más distorsionantes, el país no tiene por que perder competitividad.

Mejoras en variables Macroeconómicas

El segundo grupo de estudios referente al tema de doble dividendo se enfoca a mejoras en variables macroeconómicas (empleo³⁵, producto, equidad, etc.) con énfasis en la solución de los problemas de desempleo (Bosello et al 1998). Esta corriente se debe a los problemas de altas tasas de desempleo en los países de la Unión Europea, y las alternativas para combatirlas. El supuesto sobre el cual se sostiene esta tesis es que, al incluir impuestos ambientales se pueden reducir las altas tasas de impuestos al trabajo, reduciendo el costo de la mano de obra y por ende aumentar el empleo en estos países.

Cabe destacar que no hay estudios empíricos respecto de la existencia de doble dividendo en países en desarrollo, y en general, todos los estudios se han realizado en EE.UU. y países de la Unión Europea³⁶. El único estudio que analiza el caso chileno es el de Beghin y Dessus (1999), que encuentran doble dividendo al reducir los aranceles e incorporando un impuesto ambiental (impuesto a las emisiones³⁷).

En todo caso es necesario aclarar que los supuestos que se hacen en estos modelos pueden tener implicancias significativas en los resultados. En primer lugar en los estudios se define un mercado laboral homogéneo así como un consumidor representativo (ej. Bovemberg y de Mooij, Bovemberg y Goulder, Goulder, Parry y Oates, Fullerton y Metcalf, etc.). Así, es posible que relajar estos supuestos favorezca la existencia de un doble dividendo. Por otro lado existen pocos estudios de base empírica y en general, los modelos que estudian la economía norteamericana no son aplicables a otros países con cargas tributarias distintas. En Chile el impuesto al trabajo no es importante por lo que no

³⁵ Para una revisión más completa de la literatura de doble dividendo de empleo (Employment Double Dividend) ver Bosello, Carraro y Galeotti (1998).

³⁶ Cabe señalar, que en estos países es donde ha existido una mayor inquietud respecto del tema medioambiental, y por lo tanto los trabajos en el tema aún son incipientes en el resto de los países. También es necesario recalcar que son éstos países los que han incorporado ya distintos instrumentos como impuestos “verdes” para tratar el tema de medio ambiente, y por ende la discusión de la existencia de doble dividendo ha tenido una mayor relevancia.

³⁷ Se realizan dos simulaciones estáticas en este estudio. En la primera se incorpora un impuesto al material particulado, y se encuentra que hay una ganancia de bienestar para los consumidores, pero un aumento en la contaminación de contaminantes tóxicos bioacumulativos. En la segunda simulación se aplica un impuesto a todos los contaminantes para evitar que ninguno aumente, encontrándose igualmente evidencia de doble dividendo, pero en este caso es menor que el anterior.

se puede generalizar los resultados. Por tanto, la necesidad de realizar estudios que incorporen los efectos indirectos en la economía se hace necesario para tener una visión más amplia del tema y ver así las diferentes interacciones que ocurren a nivel sectorial y de la economía agregada.

Otra gran crítica que se puede hacer al doble dividendo es que no hay estudios que incorporen la posibilidad de utilizar tecnologías de abatimiento en la reducción de emisiones, por lo que la disminución se realiza por cambios en la estructura de producción, pagando siempre el impuesto al cual están sujetos. Es así como no se tiene en cuenta que en realidad existe un margen de reducción de emisiones que no se hará vía impuestos, por lo que la recaudación será menor de la esperada.

Por otra parte, al levantar el supuesto de estaticidad de los modelos (es decir, al dinamizar), se espera que la recaudación por este concepto irá en disminuyendo en el tiempo³⁸, por lo que para mantener un nivel de recaudación será necesario aumentar la tasa de impuesto asociada, lo que en la realidad puede no ser políticamente viable³⁹. En este sentido, aún cuando en principio pueda aparecer un segundo dividendo derivado del cambio en la estructura tributaria, este puede ir desapareciendo en el tiempo, con lo cual -visto en una óptica de largo plazo- puede que relajar la carga tributaria no sea la mejor de las políticas.

Aún así, la sola incorporación de impuestos “verdes”, puede ser beneficiosa por el solo hecho de la existencia del primer dividendo, o sea la mejora en la calidad ambiental y corrección de la externalidades asociadas. Esto hace igual de interesante estudiar esta posibilidad, especialmente considerando que existen otros instrumentos que llegan a resultados similares (por ejemplo los derechos de emisión transables), y sin duda se pueden dar luces respecto de los impactos esperados. Fullerton y Metcalf (1997) concluyen que cada tipo de reforma debe ser evaluada por separada, y por ello no se puede a priori creer en la existencia de doble dividendo per se. En este sentido cabe agregar que cada país tiene estructuras tributarias diferentes así como distintos mercados laborales, por lo que es un error pensar a priori que una reforma que es beneficiosa en un país deba serlo también en otro y viceversa. Parry y Oates (1998) concuerdan en que los resultados de los estudios realizados no deben descartar el uso de instrumentos económicos, sino incentivar nuevos estudios pues no se puede concluir que una reforma tributaria ambiental sea positiva, pero tampoco tener la certeza de que así sea. En este sentido se advierte sobre los estudios de equilibrio parcial que no consideran los efectos sistémicos entre diversos impuestos y los distintos sectores.

³⁸ Si se acepta el supuesto de que en general las tecnologías más modernas son menos contaminantes, en un lapso de tiempo más largo se puede ver claramente que las firmas buscarán otras formas más económicas de enfrentar las regulaciones. En este sentido se puede esperar que las nuevas tecnologías harán que las empresas emitan menos, lo que reducirá la recaudación por este concepto.

³⁹ En Chile, como en otros muchos países, para poder modificar una tasa impositiva, ésta debe pasar por la aprobación del Congreso. Por tanto, modificar las tasas puede llegar a ser un proceso muy engorroso, lento, e incluso imposible de concretar.

5.- CONCLUSIONES

La tradicional complejidad para analizar las interrelaciones entre variables económicas y la dificultad para evaluar distintas opciones de política económica contemplando todos sus impactos directos e indirectos, se ha ido incrementando al incluir tanto en políticas como en variables objetivo consideraciones ambientales y sociales.

Este proceso en el que se amplian los horizontes del análisis económico ha confirmado aún más la necesidad de generar herramientas de análisis cada vez más sofisticadas, que suplan las limitaciones del análisis parcial, y sean capaces de incorporar el concepto complejo de la sustentabilidad, analizando la evolución en forma sistémica de sus tres macro-objetivos (crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental).

Adicionalmente, es deseable que estas herramientas permitan generar prioridades respecto de las políticas que posibiliten alcanzar la sustentabilidad, pero además incluyan los mecanismos de mercado y los comportamientos optimizadores que afectan la efectividad de las políticas públicas. Se busca por tanto una herramienta formal de análisis con solidez teórica, sustento empírico y que mantenga una visión global del funcionamiento de la economía para poder evaluar acciones alternativas ante distintos escenarios y además mejore el entendimiento de las múltiples interrelaciones presentes en la economía. La capacidad de los modelos de equilibrio general computable (EGC) para constituirse en una herramienta útil en los procesos de gestión económica de los países, cubriendo las necesidades anteriores e incorporando en el proceso de análisis una amplia gama de variables económicas, sociales y ambientales, refuerza su interés y los hace merecedores de un lugar destacado en el quehacer de los economistas.

El presente ensayo pretende ayudar a introducir y difundir la teoría del equilibrio general computable y sus posibles aplicaciones en la investigación económica del país. Reconociendo sus limitaciones, intenta facilitar el entendimiento de este instrumental de análisis y animar su aplicación para la evaluación de políticas sociales, económicas o ambientales en un mundo de interrelaciones cada vez más complejas.

Para ello, después de una breve introducción en que se analizan los problemas que surgen al evaluar políticas tendientes a la consecución del crecimiento económico y el desarrollo sustentable, el documento se divide en tres grandes apartados. El primero se enfoca en la teoría de equilibrio general y sus antecedentes metodológico, constituyéndose en una guía para entender los elementos fundamentales de esta herramienta. Así, se analizaron en detalle los aspectos conceptuales y prácticos de los modelos de equilibrio general (MEG). Partiendo por sus orígenes, evolución y antecedentes directos como el análisis de insumo-producto, se estudiaron las características básicas de los MEG, las diferentes teorías económicas, que fruto del debate económico histórico, pueden subyacer en la modelación, y cómo asimilarlas para interpretar las peculiares características de cada país. Adicionalmente, se examinaron los elementos fundamentales que componen estos modelos, los requisitos de datos -con especial énfasis en las matrices de contabilidad social-, la metodología de resolución o calibración matemática, sus ventajas y limitaciones, el tipo de

experimentos de política factibles, la interpretación de los resultados obtenidos, su utilización y el marco temporal de análisis.

El capítulo tres conforma la segunda gran parte, donde se incluyeron algunas aplicaciones empíricas que se han realizado con este instrumental, tanto a escala internacional como nacional, que permiten resaltar el potencial de esta herramienta. La tercera parte se dirige a analizar los aspectos ambientales del desarrollo y su inclusión en los modelos de EGC. Se analizan las variables ambientales incorporables a los modelos, los requisitos de información asociados, los experimentos de política ambiental realizados o plausibles y las aplicaciones ambientales empíricas. Finalmente, se estudiaron algunas relaciones relevantes y muy actuales como las existentes entre la macroeconomía y el medio ambiente, los impuestos y el medio ambiente y la discusión sobre el doble dividendo ambiental.

Esperamos que el documento cumpla con su función didáctica para entender, generar discusión, e incentivar la aplicación de los modelos de equilibrio general computable, y con ella, dada su gran demanda de información, se resalte la necesidad de información e indicadores especialmente ambientales.

BIBLIOGRAFIA

- Abaza H. (1995), "UNEP/WB Workshop on the Environmental Impacts of Structural Adjustment Programmes- New York, 20-21 March 1995". *Ecological Economics*, 14 (1) pg.1-5.
- Adelman, I., M. Hopkins, S. Robinson, G. Rodgers y R. Wery (1979), "A Comparison of Two Models for Income Distribution Planning", *Journal of Policy Modeling*, vol. 1, pp.37-82
- Adelman, I. y Robinson, S. (1978), Income Distribution Policy in Developing Countries, Stanford University, California.
- Adelman, I. y Robinson, S. (1987), "Macroeconomic adjustment and income distribution : Alternative models applied to two economies", *Journal of Development Economics*, 29 (1988), p. 23-44. North-Holland.
- Alarcón, J.V. (1990) "La Matriz de Contabilidad Social y la Planificación de las Necesidades Básicas", en Necesidades Básicas y Desarrollo, ILPES-ISS-ILDIS, Hisbol La Paz - Bolivia, Publicación de Ponencias en el Seminario sobre Necesidades Básicas y Desarrollo auspiciado por ILPES-ISS y el Ministerio de Planificación y Coordinación - 1989.
- Alarcón, J.V. (1996) "Introducción to Social Accounting Matrix Modelling; An application to Ecuador SAM-1975", The Hague-ISS, mimeo.
- Alarcón J. V. (1997), "Matrices de Contabilidad Social, Objetivos, Características, Construcción y Extensiones". Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas- Universidad de Costa Rica.
- Alonso, E. y D.W. Roland-Holst (1995), "A detailed social accounting matrix for Chile" *Working Paper*, Department of Economics, Mills College.
- Armington, P. (1969), "A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production" *IMF Staff Papers* Vol. 16 pp. 159-176.
- Arrow, K.J. y Debreu, G. (1954), "Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy", *Econometrica*, 22, 265-90.
- Arrow, K.J. y Hahn, F. (1971), General Competitive Analysis, Holden-Day, San Francisco
- Auerbach, A. (1985), "The Theory of Excess Burden and Optimal Taxation", in A. J. Auerbach y M. Feldstein, eds. Handbook of Public Economics, vol. I Amsterdam: North Holland.

- Ballard, C. y Medema, S. (1993), "The marginal efficiency effects of taxes and subsidies in the presence of externalities: A computational general equilibrium approach", *Journal of Public Economics*, 52, 199-216.
- Banco Central de Chile (1986), Matriz de Insumo-Producto para la Economía Chilena 1986, Gerencia División de Estudios, Banco Central de Chile.
- Beghin, J., Bowland, B., Dessus, S, Roland-Holst, D. y Van der Mensbrugge, D. (1996), "Trade reforms, environmental policy, and urban public health in Chile", OECD Development Centre, prepared for presentation at CONAMA and Universidad de Chile.
- Beghin, J., S. Dessus, D. Roland-Holst y D. van der Mensbrugge (1996), "General Equilibrium Modelling of Trade and The Environment", *Technical Paper N° 116*, Paris, OECD Development Center.
- Beghin, J. y S. Dessus (1999), "Double Dividend with Trade Distortions. Analytical Results and Evidence from Chile", mimeo.
- Beghin, J., D. Roland-Holst y D. van der Mensbrugge (1994), "A Survey of the Trade and Environment Nexus: Global Dimensions", *OECD Economic Studies*, 23:167-192, Winter.
- Bento, A.M. y A.S. Rajkumar (1998), "Rethinking the Nature of the Double Dividend Debate", Documento presentado en "World Congress of Environmental and Resource Economists", Venecia, Italia, 25-27 de Junio.
- Bergman, Lars (1990), "Energy and Environmental Constraint on Growth: A CGE Modeling Approach," *Journal of Policy Modeling*, 12(4):671-691.
- Bergman, Lars (1991), "General Equilibrium Effect of Environmental Policy: A CGE Modeling Approach," *Environmental and Resource Economics*, 1: 43-61.
- Binswanger, H. (1989), "Brazilian Policies the Encourage Deforestation in the Amazon", *Environmental Working Paper 16*. World Bank, Washington, D.C.
- Birdsall, N y D. Wheeler (1992), "Trade Policy and Industrial Pollution in Latin America: Where are the Pollution Havens?". *World Bank Discussion Paper 159*, April.
- Bosello, F., C. Carraro, y M. Galeotti (1998), "The Double Dividend Issue: Modeling Strategies and Empirical Findings", Paper presented at the Symposium on "Environment, Energy, Economy. A Sustainable Development", Rome 12-13 October.
- Bovenberg L. y R. De Mooij (1994), "Environmental Levies and Distorsionary Taxation", *American Economic Review* 84: 1085-1089.

- Bovenberg L. y L.H. Goulder (1996), "Optimal Taxation in the Presence of Other Taxes: General Equilibrium Analyses", *American Economic Review* **86**: 985-1000.
- Brown, D., A. Deardorff y R. Stern, (1992), "A North American Free Trade Agreement: Analytical Issues and a Computational Assessment," *World Economy*, pp. 52-85.
- Bussolo, M., A. Mizala y P. Romaguera (1998), "Beyond Heckscher-Ohlin: Trade and Labour Market, Interactions in a Case Study for Chile" *Serie Documentos de Trabajo*. FEDESARROLLO, Agosto.
- Castañeda, B. (1997), "An index of Sustainable Economics Welfare (ISEW) for Chile", presentado en Seminario Interno Programa de Desarrollo Sustentable.
- CEPAL (1994), "Organización de la Información y de los Datos Estadísticos en el Campo del Medio Ambiente: Propuestas Metodológicas" División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Naciones Unidas, LC/L. 852, 29 de Julio
- CEPAL (1994a), "Economía y Ecología: Dos Ciencias y una Responsabilidad frente a la naturaleza", LC/R.1457, 4 de octubre.
- Chiang, A. C. (1992), Elements of Dynamic Optimization, Alpha C. Chiang, USA.
- Coeymans, J.E. y F. Larraín, (1994), "Efectos de un Acuerdo de Libre Comercio entre Chile y Estados Unido: Un Enfoque de Equilibrio General", *Cuadernos de Economía* vol.31. n.94 pp.357-399.
- CONAMA (1994), Ley de Bases del Medio Ambiente
- CONAMA (1997), Memoria Anual
- CONAMA (1998), Memoria Anual
- Cornwell A. y J. Creedy (1997), Environmental Taxes and Economic Welfare Reducing Carbon Dioxide Emissions. EE, UK
- Cox, D. y R. Harris (1991), "North America Free Trade and its Implications for Canada: Results from a CGE Model of North American Trade," Mimeo.
- Cruz, W., J. Araujo, y A. Schwab (1997), "Linkages Between Growth-Oriented Policies and the Environment: An Assessment Agenda". Seminario-Taller "Crecimiento Económico y Desarrollo Sustentable en América Latina" CEPAL, Santiago, 14 al 16 de Mayo.
- Dasgupta, P. y K.-G. Mäler (1991), "El Ambiente y Los Nuevos Temas del Desarrollo," in *Desarrollo y Medio Ambiente*. Santiago: CIEPLAN, Chile, pp. 26-46.

- Dasgupta, P. y K.-G. Mäler (1998), "Analysis, facts, and prediction" , *Environmental and Development Economics* Volumen 3, Part 4, October.
- Debreu, G. (1959), Theory of Value, Wiley, New York
- De Haan, H. (1994), "Kaleckian computable general equilibrium models: an evolutionary perspective", The Political Economy of Diversity, Edited by Delorme, R. y Dopfer K., Edward Elgar, Aldershot.
- De Haan, H. (1995), "Hungary on the road to a mixed economy: A Kaleckian computable general equilibrium approach", *Economic Systems Research*, Vol. 7, No 1.
- De Haan, H. (1997), "Curso sobre conceptos y técnicas de análisis del desarrollo sustentable y humano en el contexto del SCN", notas y apuntes manuscritos, CEPAL.
- De Melo, J. y Robinson, S. (1981), "Trade adjustment policies and income distribution in three archetype developing economies", *Journal of Development Economics* 10 (1982), p. 67-92. North-Holland.
- De Miguel, C. y Miller, S. (1998), "Macroeconomía, Medio Ambiente y Modelos de Equilibrio General", *Documentos de Trabajo*, CAPP, Universidad de Chile
- Dervis, K. y S. Robinson (1980), "The Sources and Structure of Inequality in Turkey (1950-73)," in Ozbudun and Ulsan, The Political Economy of Income Distribution in Turkey.
- Dervis, K., J. de Melo y S. Robinson (1982), General Equilibrium models for development policy. The World Bank, Washington, D.C.
- Dessus, S., D. Roland-Holst y D. van der Mensbrugge (1994), "Input-Based Pollution Estimates for Environmental Assessment in Developing Countries", *Technical Paper* N° 101, Paris, OECD Development Center.
- Dessus S. y M. Bussolo (1996), "Is there a Trade-off Between Trade Liberalization and Pollution Abatement in Costa Rica? A Computable General Equilibrium Assessment", OECD Development Centre, February.
- Dessus S. y A. Suwa-Eisenmann (1998), "Trade Integration with Europe, Export Diversification and Economic Growth in Egypt", *Technical Paper* N° 135, Paris, OECD Development Center.
- Devarajan, S. (1997), "Can computable general-equilibrium models shed light on the environmental problems of developing countries?", The Environment and Emerging Development Issues, Vol. 1, Edited by Dasgupta, P. y K.-G. Maler, Clarendon Press Oxford.

- Dufournaud, M., J. Harrington y P. Rogers, (1988), "Leontief's Environmental Repercussions and the Economic Structure Revisited: A General Equilibrium Formulation," *Geographical Analysis*, 20(4):318-327.
- Edwards, S. (1992), "Structural Adjustment and Stabilization: Issues on Sequencing and Speed". *EDI Working Paper*. World Bank. Washington DC.
- Engel E., A. Galetovic y C. Raddatz (1998), "Taxes and Income Distribution in Chile: Some unpleasant redistributive arithmetic" *NBER Working Paper* N° 6828.
- Evans, H. D. (1972) "A general Equilibrium Analysis of protection: The effects of protection in Australia", Amsterdam: North-Holland.
- Forsund, F. y S. Storm (1988), Environmental Economics and Management: Pollution and Natural Resources New York: Croom Helm Press.
- Fullerton, D. y G. E. Metcalf (1997), "Environmental Taxes and the Double-Dividend Hypothesis: Did You Really Expected Something for Nothing?", *NBER Working Paper* N° 6199 September.
- Fullerton, D. y S. West (1999), "Can Taxes on Cars and Gasoline Mimic an Unavailable Tax on Emissions?", *NBER Working Paper* N° 7059, March.
- Gandhi, V.P. -Editor- (1995), Macroeconomics and the Environment, International Monetary Fund.
- Ginsburgh, V., and J. Waelbroeck (1980) "Activity analysis and general equilibrium modeling", Amsterdam: North-Holland.
- Goulder, L. (1993), "Energy Taxes, Traditional Efficiency Effects, and Environmental Implications," *NBER working paper* 4582.
- Goulder, L. (1994), "Environmental Taxation and the "Double Dividend:" A Readers Guide", *NBER Working Paper* N° 4896 October.
- Goulder, L. (1995), "Effects of Carbon Taxes in an Economy with Prior Tax Distortions: An Intertemporal General Equilibrium Analysis", *Journal of Environmental Economics and Management* 29, 271-297.
- Goulder, L., I. Parry y D. Burtraw (1997), "Revenue-Raising Versus Other Approaches to Environmental Protection: The Critical Significance of Preexisting Tax Distortions", *RAND Journal of Economics* 28(4), 708-731.
- Goulder, L. y R.C. Williams III (1999), "The Usual Excess-Burden Approximation Usually Doesn't Come Alone", *NBER Working Paper* N° 7034 March.

- Grossman, G. y A. Krueger (1993), "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement," in Peter Garber, *The Mexico-US Free Trade Agreement*, Cambridge: The MIT Press.
- Gunning, J. y M. Keyser (1993), "Applied General Equilibrium Models for Policy Analysis", en T.N. Srinivisan y Jere Behrman (eds.), *Handbook of Development Economics III*. North-Holland. Amsterdam.
- Hansen, L.G. (1998), "Is There a Weak Double Dividend", Documento presentado en "World Congress of Environmental and Resource Economists", Venecia, Italia, 25-27 de Junio.
- Harrison, G., T.F. Rutherford y D.G. Tarr (1997), "Opciones de Política Comercial para Chile: Una evaluación cuantitativa" *Cuadernos de Economía* No 31.
- Hazilla M. y R. Koop (1990), "Social Cost of Environmental Quality Regulations: A General Equilibrium Analysis," *Journal of Policy Modeling*, 98(4):853-873.
- Hertel, T. W. -Editor- (1997), Global Trade Analysis: Modeling and Applications Cambridge University Press
- Jaeger, W.K. (1998), "On the Double Dividend of Environmental Taxation", Documento presentado en "World Congress of Environmental and Resource Economists", Venecia, Italia, 25-27 de Junio.
- Jaeger, W.K. (1999), "Double Dividend Reconsidered", Paper presented at "EAERE Ninth Annual Conference", Oslo, Norway, 25-27 June.
- Johansen, L. (1960), A Multisector Study of Economic Growth North-Holland, Amsterdam.
- Jorgenson, D.W. y P. Wilcoxon (1990), "Intertemporal General Equilibrium Modeling of U.S. Environmental Regulation," *Journal of Policy Modeling*, 12(4):715-744.
- Jorgenson, D.W. y P. Wilcoxon (1993), "Reducing U.S. Carbon Dioxide Emissions: An Assessment of Different Instruments," *Journal of Policy Modeling*, 15(5):491-520.
- Keuning, S. (1992), "National accounts and the environment; The case for a system's approach". *Occasional Paper Nr. NA-053*, Statistic Netherlands, Voorburg
- Keuning, S. (1994), "The SAM and Beyond: Open SESAME!," *Economics Systems Research*, 6(1):25-40.
- Kneese A. (1998), "No time for complacency", *Environmental and Development Economics* Volumen 3, Part 4, October.

- Koskela, E., R. Schöb y H. Sinn (1999), "Green Tax Reform and Competitiveness", *NBER Working Paper* N° 6922 February.
- Krugman, P. (1979), "Increasing Return, Monopolistic Competition, and International Trade," *Journal of International Economics*, 9, 469-479.
- Kutznets, S. (1966), Modern Economic Growth: Rate, Structure, and Spread New Haven, Conn., Yale University Press.
- Lewis, J. (1993), "Energy Pricing, Economic Distortion and Air Pollution in Indonesia," Discussion Paper No 455, Harvard Institute for International Development, Harvard University.
- Li, P., y A. Rose (1995), "Global Warming and the Pennsylvania Economy: A Computable General Equilibrium Analysis," unpublished paper, MIT.
- Lluch, C. (1973), "The Extendend Linear Expenditure System", *European Economic Review*, vol. 4, pp. 21-32.
- Lluch, C. (1979), "Models of Employment and Income Distribution", *Journal of Development Economics*, vol. 6, N° 1, pp. 31-47
- Lucas, R., D. Wheeler y H. Hettige (1992), "Economic Development, Environmental Regulation and the International Migration of Toxic Industrial Pollution: 1960-1988," in International Trade and the Environment, edited by Patrick Low, World Bank Discussion Paper No 159, pp. 67-88, Washington D.C.
- Madrid-Aris, M. E. (1998), "International Trade and the Environment: Evidence from the North America Free Trade Agreement (NAFTA)" Presentado en el World Congress of Environmental and Resources Economics, Venice, Italy, June 25-27.
- Mäler K.-G. y M. Munasinghe (1996), "Macroeconomic policies, second-best theory and the environment", *Environment and Development Economics* 1, pg 149-163.
- MIDEPLAN (1997), "Situación de la Salud en Chile, 1996", *Documentos*, Noviembre, Santiago de Chile.
- MIDEPLAN (1998), "Evolución de la Pobreza e Indigencia en Chile 1987-1996", *Documentos*, Enero, Santiago de Chile.
- MIDEPLAN (1998), "Impacto de las Políticas Públicas en la Situación de Salud 1990 - 1996", *Documentos*, Diciembre, Santiago de Chile.
- Mukherjee, N. (1996), "Water and Land in South Africa: Economy-Wide Impacts of Reform," Discussion Paper 12, International Food Policy Research Institute, Washington D.C..

- Munasinghe, M. (1993), "The Economist's Approach to Sustainable Development" *Finance and Development*, 30 (4): pg. 16-19.
- Munasinghe, M. (1997), "The Sustainability of Countryside Policies". Seminario-Taller "Crecimiento Económico y Desarrollo Sustentable en América Latina" CEPAL, Santiago, 14 al 16 de Mayo.
- Munasinghe, M. y W. Cruz (1994), "Economywide Policies and the Environment: Lessons from Experience". World Bank, Washington, DC.
- Naciones Unidas (1993), "Integrated Environmental and Economic Accounting (Interim Version)", *Studies in Methods*, Ser.F., nr. 61, New York.
- Nestor, D.V. y C. Pasurka (1994), "Alternative Specifications for Environmental Control Costs in a General Equilibrium Framework", Economic Analysis and Research Branch, U.S. EPA, Washington D.C.
- Nestor, D.V. y C. Pasurka (1995), "CGE model of Pollution Abatement Processes for Assessing the Economic Effects of Environmental Policy," *Economic Modeling*, 12(1):53-59.
- Neumayer E. (1999), "The Isew – not an Index of Sustainable Economic Welfare" Mimeo
- OCDE (1994), "Methodologies for environmental and trade reviews", General Distribution OCDE/GD(94)103.
- ODEPLAN (1977), Matriz de Insumo-Producto de la Economía Chilena 1977, Departamento de Contabilidad Social, Chile.
- O'Ryan, R. y A. Ulloa (1996), "Los instrumentos de regulación ambiental en Chile" en Sunkel O. (1996) Sustentabilidad Ambiental del Crecimiento Económico Chileno Programa de Desarrollo Sustentable, Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile.
- Panayotou, T. y C. Susangkarn (1991), "The Debt Crisis, Structural Adjustment and the Environment: The case of Thailand". Prepared for World Wildlife Fund Project on the Impact of Macroeconomic Adjustment on Environment. Washington, DC.
- Parry, I.W. y W.E. Oates (1998), "Policy Analysis in a Second-Best World", *Resources for the Future Discussion Paper Series* 98-48, September.
- Parry, I.W. y A. M. Bento (1999), "Tax Deductions, Environmental Policy, and the "Double Dividend" Hypothesis", *World Bank Working Paper Series* 2119, May.
- Parry, I.W., R. C. Williams III y L.H. Goulder (1999), "When Can Carbon Abatement Policies Increase Welfare? The Fundamental Role of Distorted Factor Markets", *Journal of Environmental Economics and Management* 37, pp. 52-84.

- Pearce, D. y K. Turner (1990), Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente, Celeste Ediciones, Madrid, España.
- Perrings, C. (1993), "Pastoral Stategies in Sub-Saharan Africa: The Economic and Ecological Sustainability of Dryland Range Management" *Environment Working Paper 57*, World Bank, Washington DC, February.
- Perroni, C. y R. Wigle (1994), "International trade and environmental quality: how important are the linkages?", *Canadian Journal of Economics*, XXVII, No. 3
- Persson, A. y M. Munashinghe (1995), "Natural Resources Management and Economywide policies in Costa Rica: A computable general equilibrium (CGE) modeling approach", *The World Bank Economic Review*, Vol. 9, No 2, p. 259-285.
- Pigott, J., J. Whalley y J. Wigle (1992), "International Linkages and Carbon Reduction Initiatives," in The Greening of World Trade Issues, edited by K. Anderson and R. Blackhurst, University of Michigan Press.
- Pyatt, G.A. y J.I. Round (1979), "Accounting and Fixed Price Multipliers in a Social Accounting Matriz Framework", *Economic Journal*, Vol. 89, N° 356, pp. 850-873.
- Reed, D. (1996), Structural Adjustment, the Environment and Sustainable Development. Earthscan Publishers, London. UK.
- Repetto, R., R.C. Dower, R. Jenkins y J. Geoghegan (1992), "Green Fees: How a Tax Shift Can Work for the Environment and the Economy", World Resources Institute.
- Riker, M. (1996), "Limits to economic growth as shown by a computable general equilibrium model", *Ecological Economics*, 21 (1997), p. 141-158.
- Robinson, S. y K. Dervis (1977), "Income Distribution and Socioeconomic Mobility: A Framework for Analysis and Planning," *Journal of Development Studies*, vol. 13, N° 4, pp. 347-64.
- Robinson, S. (1990), "Pollution, Market Failure and Optimal Policy in an Economy-Wide Framework", *Working Paper 559*, Department of Agricultural and Resource Economics, University of Berkeley, Berkeley.
- Robinson, S., S. Subramanian y J. Geoghegan (1993), "A Regional Environmental Computable General equilibrium Model of the Los Angeles Basin", Working Paper No 646, Department of Agricultural and Resource Economics, University of California, Berkeley.
- Robinson, S. y C. Gelhar (1995), "Land, Water and Agriculture in Egypt: The Economy-Wide Impact of Policy Reform," *Discussion paper*, International Food Policy Research Institute, Washington D.C..

- Rodríguez, A., D. Abler y J. Shortle (1997), "Indicadores Ambientales en un modelo de equilibrio general computable para Costa Rica", en Medio Ambiente en Latinoamérica: Desafíos y Propuestas, Editado por Calvo, W., Figueroa, E. y Vargas, J.R.. IICE-CENRE.
- Rose, A., G. Schluter y A. Wiese (1995), "Motor-Fuel Taxes and Household Welfare: An Applied General Equilibrium Analysis," *Land Economics*, 71(2):229-243.
- Rose, A., D. Abler, J. Shortle, R. Karnat y G. Oladosu (1998), "Computable General Equilibrium Modeling in the Integrated Assessment of Climate Change". Presentado en la V Conferencia Bienal de la Sociedad Internacional de Economía Ecológica, Santiago, Chile, Noviembre.
- Ruiz, J. y I. Yarur (1990), "Un modelo de Equilibrio General para Evaluación de Política Tributaria". Tesis para optar al título de Ingeniero Industrial y al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería mención Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.
- Scarf, H. y T. Hansen (1973), The Computation of Economics Equilibria,. Yale University Press, New Haven.
- Sen, A. K. (1963), "Neo-Classical and Neo-Keynesian Theories of Distribution", *Economic Record*, 39 pp 217-236.
- Selder, T.M. y D. Song (1994), "Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution", *Journal of Environmental Economics and Environmental Management*, 27 pp 147-162.
- Shoven, J. y J. Whalley (1984), "Applied General Equilibrium Models of Taxation and International Trade: An Introduction and Survey," *Journal of Economics Literature*, 22:1007-1051.
- Sobarzo, H. (1991), "A General Equilibrium Analysis of the Gains from Trade for the Mexican Economy of a North American Free Trade Agreement," *Working Paper*, El Colegio de Mexico, Mexico City,.
- Stern, T. (1994a), "Environmental Tax Reform; The Swedish Experience", *Environmental Economics and Development* (March 1994) Gothenburg University
- Stern, T. (1994b), "Environmental Tax Reform; Theory, Industrialized Country Experience, and Relevance in LDC s", *Environmental Economics and Development* (March 1994) Gothenburg University.
- Strutt A. y K. Anderson (1998), "Will Trade Liberalization Harm the Environment? The case of Indonesia to 2020", Presentado en el World Congress of Environmental and Resources Economics, Venice, Italy, June 25-27.

- Sunkel, O. (1996), Sustentabilidad Ambiental del Crecimiento Económico Chileno Programa de Desarrollo Sustentable, Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile.
- Taylor, L. y F. Lysy (1979), "Vanishing Income Redistributions: Keynesian Clues about Model Surprises in the Short Run", *Journal of Development Economics* 6: 11-29.
- Taylor, L., E. Bacha, E. Cardoso y F. Lysy (1980), Models of Growth and Distribution for Brazil, Oxford University Press, London.
- Taylor, L. (1990), Socially Relevant Policy Analysis: Structuralist CGE Models for the Developing World. Cambridge: The MIT Press,.
- The Economist (1997), "Environment Scarces: Plenty of Gloom", London, 20 December.
- Tsigas, M., D. Gray y B. Krissoff (1997), "Harmonization of Environmental Standards in the Western Hemisphere" , Preliminar, July 18.
- Varian, H.L. (1994), Microeconomía Intermedia, Antoni Bosch Ed., Barcelona
- Vaughn N, D. y C. Pasurka (1995), "Alternative specifications for environmental control costs in a general equilibrium framwork" *Economics Letters* 48, 273-280.
- Venegas, J. (1995), "Matriz de Cuentas Sociales 1986: Una SAM para Chile" *Serie de Estudios Económicos* N° 39 Banco Central de Chile.
- Walras, L. (1954), Elements of Pure Economics, Allen and Unwin, London
- Welsch, H. (1996), "The Carbon Tax Game: Differential Tax Recycling in a Two-Region General Equilibrium Model of the European Community" *Weltwirtschaftliches Archiv* Vol. 132 (2) 356-77.
- World Bank (1993), "Energy Efficiency and Conservation in the Developing World". A *World Bank Policy Paper*. Washington, D.C.
- World Bank (1994), "Chile, Managing Environmental Problems: Economic Analysis of Selected Issues", *Report* N° 13061-CH, December 19th.
- Xie, J. (1995), "Environmental Policy Analysis: An Environmental Computable General Equilibrium Approach to China," Ph. D. Dissertation, Cornell University.