

TRIBUNA DE ECONOMÍA

Todos los artículos publicados en esta sección son sometidos a un riguroso proceso de evaluación anónima.

Análisis de eficiencia y equidad de una reforma fiscal verde en España*

Xavier Labandeira Villot
Miguel Rodríguez Méndez
Departamento de Economía Aplicada
Universidad de Vigo

José M. Labeaga Azcona
FEDEA y Departamento de Análisis Económico II
UNED

Resumen

Durante los últimos años las denominadas reformas fiscales verdes se han convertido en un instrumento relevante en las políticas ambientales del mundo desarrollado. Estas reformas se sustentan en la teoría del doble dividendo de la imposición ambiental que, en esencia, aboga por la introducción de esos tributos con neutralidad recaudatoria y reducción de la imposición distorsionante. Ante la ambigüedad teórica existente sobre el signo y magnitud de los efectos de estas reformas, este artículo propone una nueva metodología que permite realizar un análisis completo de las consecuencias distributivas y de eficiencia. Para ello se integra un modelo micro de demanda residencial de bienes energéticos y un modelo de equilibrio general aplicado. La simulación de una hipotética reforma en España muestra que un impuesto sobre las emisiones de CO₂, con reducción simultánea en las cotizaciones sociales, proporciona una doble ganancia de bienestar (ambiental y fiscal). Además, sus efectos distributivos son poco significativos y relativamente específicos.

Palabras clave: modelo de equilibrio general aplicado, microsimulación, demanda de energía.

Códigos JEL: C33, D58, H30, Q21.

Abstract

In last years, green tax reforms have become an important instrument for the environmental policies of developed countries. These reforms are based on the double dividend theory, which tries to introduce revenue neutral taxes in order to avoid distortion. We propose in this paper to use a new methodology to analyze and quantify the consequences of hypothetical reforms on efficiency and redistribution. In doing so, we integrate a micro demand model for housing energy and a Computable General Equilibrium Model. We evaluate the effects of introducing a tax on CO₂ emissions reducing at the same time social security contributions. This proposal provides fiscal and environmental welfare gains. Moreover, it generates non-significant distributional effects.

Keywords: Computable general equilibrium model, microsimulation, energy demand.

JEL Classification: C33, D58, H30, Q21.

* Los autores agradecen la ayuda y sugerencias de Melchor Fernández, Alberto Gago, Antonio Gómez y un evaluador anónimo, siendo cualquier error u omisión de su entera responsabilidad. Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación recibida del Ministerio de Ciencia y Tecnología y FEDER (Proyectos BEC2002-04394-C02-02 y SEC2002-03095) y Xunta de Galicia (Proyecto PGIDIT03PXIC30008PN).

1. Introducción

Los crecientes problemas ambientales de carácter global, principalmente el cambio climático, han originado un renovado interés por el diseño y efectos de diversas políticas de intervención pública. Dentro de éstas se sitúan las denominadas reformas fiscales verdes (RFVs), que se han venido postulando y aplicando desde la pasada década en diversos países de Europa¹. En esencia una RFV pretende una doble mejora de eficiencia, ambiental y fiscal, a través de la introducción de impuestos ambientales cuya recaudación sirve para reducir impuestos distorsionantes. Desde un punto de vista teórico, reciclar la recaudación obtenida por la imposición ambiental posee intrínsecamente un valor de eficiencia al reducir los costes regulatorios con respecto a una situación sin reciclaje, en lo que se conoce como doble dividendo «débil». Esto es suficiente para sustentar la implantación de RFVs en la realidad, aunque las condiciones teóricas para que se materialice un doble dividendo «fuerte», o un aumento del bienestar neto de mejora ambiental, son relativamente restrictivas (Bovenberg y Goulder, 2002).

No obstante, diversos trabajos han analizado la evidencia empírica disponible sobre RFVs, concluyendo que generalmente aquéllas que permiten una reducción en las cotizaciones salariales pueden proporcionar un doble dividendo fuerte². Gran parte de la literatura centra su atención en cuestiones de eficiencia, si bien para evaluar los cambios en el bienestar provocados por una RFV es preciso conocer también sus efectos distributivos. En particular, las consecuencias distributivas parecen cruciales para una eventual aplicación práctica de las RFVs.

Este trabajo muestra cómo puede realizarse un análisis completo de los efectos de eficiencia y distributivos de una política pública, en este caso una RFV. Un nuevo enfoque de análisis capaz de integrar los métodos más adecuados para resolver los objetivos propuestos: un modelo microeconómico de demanda de bienes energéticos por los hogares españoles y un modelo de equilibrio general aplicado (MEGA) para España. El MEGA nos permite conocer los cambios provocados por la RFV en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), el bienestar social, los precios y el nivel de actividad de los diferentes sectores e instituciones. Posteriormente, integrando los resultados del MEGA en el modelo microeconómico, es posible desagregar en profundidad los efectos de la RFV sobre los hogares y analizar así el perfil distributivo de la reforma.

Los resultados de esta aplicación muestran que la introducción del impuesto sobre las emisiones de CO₂, con rebaja en las cotizaciones sociales, proporciona un doble dividendo fuerte, reduciendo significativamente las emisiones a un coste mínimo y sin efectos distributivos de relevancia. Esto último contradice las conclusiones habituales de los estudios empíricos para el norte/centro de Europa y constituye una aportación del trabajo a la literatura. La nueva evidencia empírica para la economía española es además útil por la escasez y carácter parcial de los trabajos

¹ Véase, por ejemplo, GAGO y LABANDEIRA (2000).

² Véase GAGO, LABANDEIRA y RODRÍGUEZ (2003).

existentes³, claramente insuficientes para informar las imprescindibles políticas de control de cambio climático a que se enfrenta nuestro país en el corto plazo⁴.

El artículo se estructura en cuatro secciones, además de esta introducción. En el apartado 2 se ofrece un breve panorama de las estrategias de modelización integrada micro-macro. El apartado 3 describe el enfoque metodológico utilizado, con una descripción de los modelos teóricos y de su implementación empírica. El siguiente apartado presenta las políticas consideradas y los resultados obtenidos de las simulaciones con el modelo integrado. Por último, la sección 5 recoge las principales conclusiones del trabajo y algunas implicaciones de política.

2. Análisis integrados micro-macro

Durante los últimos años se ha observado un creciente interés en el desarrollo de modelos integrados micro y macroeconómicos que puedan analizar los múltiples y complejos efectos provocados por las políticas públicas (Davies, 2004). En particular, estas aproximaciones son especialmente útiles para estudiar simultáneamente los aspectos de eficiencia y distribución asociados a la definición y/o resultado de dichas políticas.

Puesto que los modelos macroeconómicos con un hogar representativo son incapaces de abordar buena parte de los efectos distributivos de las políticas públicas, una primera opción es extender el número de agentes representativos a partir de fuentes estadísticas microeconómicas. De este modo se calcularía una matriz de contabilidad social, con varios agentes clasificados en función de diversas características (formación, fuente principal de renta, lugar de residencia, etc.). No obstante, esta aproximación es poco recomendable por el enorme esfuerzo necesario para el cálculo de estas matrices, la difícil reconciliación de las diversas fuentes estadísticas necesarias y las dudas sobre la precisión de sus resultados en términos distributivos (Bourguignon, Robilliard y Robinson, 2003; Savard, 2003; Jensen y Trap, 2003).

El problema inherente a la utilización de agentes representativos es la imposibilidad de modelar la heterogeneidad de circunstancias y comportamientos dentro de cada grupo. Por ejemplo, es probable que el comportamiento de un agente representativo esté sesgado hacia los más ricos del grupo. Más graves son los límites impuestos sobre el tipo de análisis y resultados que conlleva la desagregación sectorial y de hogares que se adopte puesto que lo que puede ser conveniente en un determinado contexto puede dejar de serlo en otros casos.

³ LABANDEIRA y LABEAGA (1999) unen un modelo input-output a otro microeconómico para analizar los efectos de un impuesto sobre las emisiones de CO₂ sobre la distribución de la renta y el bienestar de los consumidores con reciclaje de ingresos fiscales mediante transferencias de tanto alzado. Por su parte, MANRESA y SANCHO (2001) emplean un modelo de equilibrio general aplicado estático para simular una RFV con reducción de la tributación del trabajo. Esta misma metodología es utilizada por GÓMEZ, KVERNDOKK y FAEHN (2002), aunque se simula un mercado de permisos de emisión de CO₂ cuyos ingresos sirven para financiar una reducción en las cotizaciones sociales de los trabajadores no cualificados.

⁴ A finales de 2004 España había incrementado sus emisiones de CO₂ en más de un 40 por 100 con respecto a 1990, casi triplicando el límite permitido por el acuerdo interno dentro de la UE para el cumplimiento del Protocolo de Kyoto en 2010.

Por ello, los modelos integrados micro-macroeconómicos surgen de manera natural para superar las limitaciones de los modelos macro con agentes representativos. Los modelos microeconómicos pueden ser aritméticos (estáticos) o dinámicos (con comportamiento). Su papel en los modelos integrados es simular los procesos de generación de renta en cada hogar individual y/o su gasto. Por su parte, los modelos macroeconómicos pueden ser estáticos o dinámicos y están habitualmente enfocados al análisis de eficiencia, aunque también pueden proporcionar información sobre el impacto (distributivo) sectorial de diversas políticas.

Las aproximaciones más habituales integran un modelo de equilibrio general estático y un modelo microeconómico de generación de renta de los hogares. Ambos modelos pueden ser vinculados secuencialmente, como en Labandeira, Labeaga y Rodríguez (2005a), Bourguignon, Robilliard y Robinson (2003) y Bussolo y Lay (2003), lo que permite conservar la máxima flexibilidad en el funcionamiento de ambos modelos. Otra alternativa es permitir cierto grado de interacción entre ambos hasta alcanzar convergencia, como en Aaberge, Colombino, Holmoy, Strom y Wennemo (2004), Avitsland y Aasness (2004) y Savard (2003), generalmente imponiendo ciertas restricciones en el modelo macroeconómico.

Por último, también se han utilizado modelos completamente integrados o fusionados, donde un modelo de equilibrio general incluye tantos hogares como existen en las fuentes estadísticas microeconómicas disponibles (Cogneau y Robilliard, 2004), Perali (2004), Jensen y Tarp (2003), Cockburn (2001), Gortz *et al.* (2000) y Cogneau (1999)). Sin embargo, estos modelos son tan complejos que su capacidad de capturar completamente la heterogeneidad de los agentes es limitada, debiendo considerar además sólo un reducido número de sectores productivos.

3. Un modelo integrado para el análisis de políticas energéticas y ambientales en España

En este apartado se describe el enfoque de análisis utilizado en el trabajo. La principal aportación metodológica consiste en abordar los efectos de una reforma fiscal verde mediante un ejercicio empírico que integra un modelo de equilibrio general para la economía española y un sistema microeconómico de demanda de bienes energéticos de los hogares españoles.

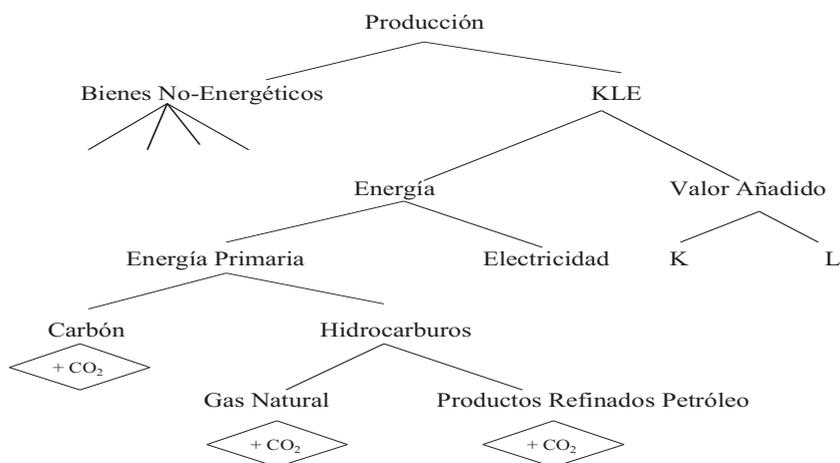
3.1. El modelo macroeconómico

El modelo macroeconómico utilizado es un modelo de equilibrio general aplicado estático para una pequeña economía abierta como la española. La función de producción de los diecisiete sectores productivos considerados, diseñada para evaluar políticas energéticas y ambientales⁵, es una sucesión de funciones de elasticidad

⁵ La estructura del MEGA utilizado en nuestro análisis empírico es similar, con algunos cambios, a la utilizada por BÖHRINGER, FERRIS y RUTHERFORD (1997). La Figura 1 describe con mayor detalle el modelo.

dad constante de sustitución (CES) anidadas en las que se combinan diferentes energías y factores productivos (capital, K , y trabajo, L), como ilustra la Figura 1. Como resultado, la producción en cada sector es una combinación de bienes intermedios y factores productivos (K , L , energía), mediante una función Leontief. Asumimos una economía competitiva en la cual cada sector productivo minimiza sus costes de producción y rendimientos constantes a escala. Por tanto, en equilibrio los beneficios son nulos.

FIGURA 1
ESTRUCTURA ENCADENADA DE LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN



FUENTE: Elaboración propia.

Los sectores productivos demandan capital y trabajo minimizando el coste del valor añadido para las empresas. La oferta de capital es inelástica, perfectamente móvil entre sectores, pero inmóvil internacionalmente. Como en Böhringer y Rutherford (1997), se supone un mercado de trabajo competitivo y, por tanto, una economía sin desempleo involuntario⁶. La oferta de trabajo es también perfectamente móvil entre sectores, pero inmóvil internacionalmente.

La oferta total de cada bien en la economía es un bien compuesto mediante una función CES por la producción nacional e importaciones, asumiendo como es habitual que los bienes de distinto origen son productos sustitutivos imperfectos. El destino final de la oferta es la exportación o el consumo doméstico (sector público,

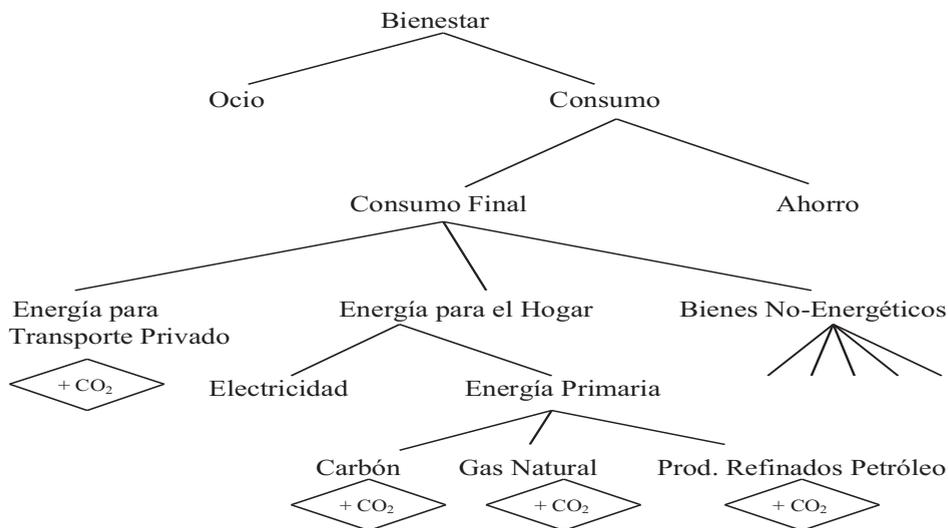
⁶ En nuestro modelo, con un hogar o consumidor representativo, la cantidad de trabajo en equilibrio representa el trabajo realizado por la población ocupada y el consumo de ocio refleja en realidad el ocio consumido por la población activa. Por tanto, los posibles cambios en la oferta de trabajo estimados por el modelo se refieren a cambios en la oferta de trabajo de la población activa (GOULDER, PARRY y BURTAW, 1997).

hogares, formación bruta de capital, bienes intermedios, etc.) determinado a través de una función de elasticidad constante de transformación (CET)⁷.

El sector público recauda impuestos sobre la renta, el consumo, la producción, los salarios y un impuesto ambiental sobre las emisiones de CO₂, que inicialmente es nulo. También obtiene rentas del capital y realiza transferencias netas con otras instituciones. Los ingresos públicos netos de transferencias son destinados al consumo público, un bien compuesto por diferentes bienes y servicios mediante una función Cobb-Douglas.

El único hogar representativo posee una dotación fija de tiempo que puede destinar al consumo de ocio o a ofertar trabajo, percibe rentas del trabajo y del capital y realiza transferencias con otras instituciones. La renta neta disponible se obtiene restando de las anteriores rentas brutas el pago de un impuesto sobre la renta y las cotizaciones salariales a cargo de los empleados. Dicho consumidor maximiza su utilidad de acuerdo a su restricción presupuestaria. El nivel de utilidad depende positivamente del consumo de ocio y del consumo de otros bienes, y negativamente del volumen de emisiones. Como se observa en la Figura 2, se utilizan funciones CES encadenadas, con una atención especial al consumo de bienes energéticos. Así, una importante aportación del MEGA es la distinción entre bienes energéticos para el hogar (electricidad, carbón, gas natural, productos refinados del petróleo), bienes

FIGURA 2
ESTRUCTURA ENCADENADA DE LA FUNCIÓN DE CONSUMO DE HOGARES



FUENTE: Elaboración propia.

⁷ Véase SHOVEN y WHALLEY (1992) para una descripción del tratamiento del comercio internacional en los MEGAs.

energéticos para el transporte privado, y otros bienes⁸. Se supone, como en Böhringer y Rutherford (1997), que los consumidores tienen una propensión marginal constante a ahorrar sobre el conjunto de su renta disponible.

El ahorro en la economía es definido endógenamente por cada una de las instituciones. El equilibrio macroeconómico del modelo se determina por la capacidad o necesidad de financiación de la economía frente al exterior, igual a la diferencia entre el ahorro nacional (ahorro de sectores y hogares más déficit público) y las inversiones, *INV* (agregado mediante una función Leontief de los diferentes bienes utilizados para la formación bruta de capital). No existen tipos de cambio en nuestro modelo, siendo los precios internacionales exógenos⁹.

Los datos utilizados para implementar el modelo proceden de una matriz de contabilidad nacional para la economía española construida a partir de la contabilidad nacional para el año 1995¹⁰ siguiendo el SEC-95 (MCN-95). Para elaborar la MCN-95 se emplea la SAM-95 a precios básicos (Fernández y Manrique, 2004), las tablas de destino (TD) a precios de adquisición¹¹ y a precios básicos, y la tabla simétrica input-output (TSIO) a precios básicos publicadas en INE (2002a). A partir de los datos de la MCN-95 se calibran los parámetros del modelo: tipos impositivos, coeficientes técnicos de las funciones de producción, de consumo, y utilidad. El criterio utilizado es que el MEGA sea capaz de reproducir los datos de la MCN-95 como una solución o equilibrio óptimo, que será utilizado como punto de referencia (*benchmark*)¹². En el equilibrio inicial los precios son igual a la unidad, estimándose los efectos provocados por las reformas como cambios relativos. Ciertos parámetros, como las elasticidades de sustitución, no han sido calibrados sino tomados de la literatura¹³.

⁸ La distinción entre bienes energéticos para el hogar y otros bienes energéticos es habitual en los modelos microeconómicos que analizan el consumo energético de los hogares (BAKER, BLUNDELL y MICKLEWRIGHT, 1989). Otros bienes es un bien compuesto mediante una función Cobb-Douglas.

⁹ Los autores suponen que la política simulada tiene un impacto poco significativo sobre el tipo de cambio del euro pues los mayores socios comerciales de España se integran en la UME.

¹⁰ Para una descripción pormenorizada de la MCN-95 y del procedimiento utilizado véase RODRÍGUEZ (2003).

¹¹ La tabla de destino (TD) a precios de adquisición no ha sido aún publicada y se ha obtenido directamente de la Subdirección General de Contabilidad Nacional del INE.

¹² El modelo de equilibrio general se ha programado con GAMS/MPSGE, realizando la calibración siguiendo el método propuesto en RUTHERFORD (1999), utilizando para ello el algoritmo PATH.

¹³ Véase LABANDEIRA, LABEAGA y RODRÍGUEZ (2005b) para obtener más información sobre las elasticidades de sustitución utilizadas en el modelo. Se ha calibrado una elasticidad de la oferta de trabajo frente a cambios en los salarios igual a -0.4, similar a la estimada para España en LABEAGA y SANZ (2001). A este efecto se ha seguido el procedimiento utilizado en BALLARD, SHOVEN y WHALLEY (1985) suponiendo, como en PARRY, WILLIAMS y GOULDER (1999), que el ocio representa un tercio de las horas de trabajo efectivamente realizadas en la situación inicial de equilibrio. Se ha realizado un análisis de sensibilidad de los resultados obtenidos con el modelo, incrementando y disminuyendo dicho valor en un 50 por 100. De dicho análisis se puede concluir que los resultados obtenidos por el MEGA son robustos frente a cambios significativos

3.2. *El modelo microeconómico*

El modelo teórico a partir del cual estimamos el modelo micro es la extensión cuadrática propuesta por Banks, Blundell y Lewbel (1997) del modelo de demanda casi ideal de Deaton y Muellbauer (1980). El modelo estima la participación de los bienes en la cesta de consumo de cada hogar como una función de los precios, la renta y su cuadrado, así como diversas variables idiosincráticas (educación, lugar de residencia, número de miembros del hogar por edades, jubilado, etc.). Por tanto, el modelo puede capturar la existencia de distintas elasticidades de sustitución a lo largo de la función de distribución de la renta entre los hogares, mostrando si determinados bienes son de primera necesidad o de lujo en diferentes puntos sobre dicha distribución¹⁴.

Los bienes de consumo considerados en el modelo son electricidad, gas ciudad y natural, gases licuados del petróleo (butano, principalmente, y propano), combustibles para el transporte privado (carburantes), transporte público, alimentos y bebidas no alcohólicas, y otros bienes no duraderos. Para estimar el modelo hemos combinado la Encuesta Continua de Presupuestos Familiares (ECPF) para el período 1985-1995, y la Encuesta de Presupuestos Familiares (EPF) para los períodos 1973-74 y 1980-81. La combinación de bases de datos se realizó para obtener respuestas significativas frente a cambios en los precios de los bienes energéticos, evitando así la multicolinealidad observada entre las series de precios para el período 1985-1995. Para combinar las anteriores bases de datos ha sido necesario compatibilizarlas mediante la definición de nuevas variables comunes a partir de diferentes grados de agregación de la información en cada una de ellas.

El modelo se estimó mediante el método de variables instrumentales para corregir los problemas asociados a la infrecuencia en el gasto de determinados bienes energéticos (Keen, 1986; Blundell y Robin, 1999). A partir del mismo es posible construir un modelo de simulación que nos permite evaluar la reacción de cada hogar individual frente a cambios en los precios de la energía (shock petrolífero, impuestos ambientales, etc.), calculando cambios en el gasto de cada uno de los bienes, recaudación fiscal, efectos ambientales, distributivos, etc. Una de las ventajas de esta metodología de simulación es que permite analizar los resultados obtenidos agrupando a los hogares según diversas variables que puedan ser de interés en función de la política considerada (rural/urbano, número de hijos, nivel de renta, etc.). Las simulaciones se realizaron con una muestra micro anualizada del gasto de los hogares en el año 1995, construida a partir de la ECPF¹⁵.

¹⁴ Más detalles del modelo estimado se presentan en LABANDEIRA, LABEAGA y RODRÍGUEZ (2005b).

¹⁵ Para obtener más información sobre la metodología utilizada para construir una muestra anualizada a partir de la ECPF y otras cuestiones relacionadas con la microsimulación de cambios en precios véase LABANDEIRA, LABEAGA y RODRÍGUEZ (2004).

3.3. El modelo ambiental

El modelo ambiental simula las emisiones de CO₂ generadas durante los procesos de combustión de cada una de las diferentes fuentes de energía fósil (carbón, productos refinados del petróleo, gas natural). Para ello se ha tenido en cuenta los diferentes coeficientes técnicos de emisión asociados al contenido de carbono de cada una de las fuentes energéticas primarias. Las Figuras 1 y 2 ilustran la modelización de las emisiones de CO₂ a partir del consumo de combustibles fósiles.

Las emisiones de CO₂ realizadas por cada sector e institución cuando consumen los diferentes productos energéticos han sido estimadas siguiendo un procedimiento similar al utilizado en las cuentas ambientales publicadas en INE (2002b). Dado que en dicha publicación sólo se recogen las emisiones totales de CO₂ realizadas por cada sector económico, procedimos a desagregar éstas según tuvieran su origen en la combustión de carbón, productos refinados del petróleo, o gas natural. La información ambiental referida a España para el año 1995 puede encontrarse en IEA (1998) y en MMA (2000).

3.4. Integración de modelos

La integración de los modelos macro y microeconómicos presentada en este trabajo sigue un enfoque arriba-abajo (*top-down*) para analizar los principales efectos macroeconómicos de la política pública, y un enfoque abajo-arriba (*bottom-up*) para analizar sus efectos distributivos. Siguiendo la metodología utilizada en Bourguignon, Robilliard y Robinson (2003), tomamos los cambios en los precios estimados por el MEGA como un dato exógeno para el modelo de demanda de los hogares, siguiendo una integración secuencial de ambos. Con ese objetivo, se calculan primero los cambios en los precios relativos para cada bien estimados por el MEGA, $P_{inuevo}^{MEGA}/P_{ibase}^{MEGA}$. En segundo lugar, se calculan los nuevos precios relativos post-reforma utilizados en la microsimulación, P_{inuevo}^{MIC} , multiplicando los antiguos precios relativos P_{ibase}^{MIC} por el índice de cambio obtenido del MEGA¹⁶,

$$P_{inuevo}^{MIC} = (P_{inuevo}^{MEGA}/P_{ibase}^{MEGA})P_{ibase}^{MIC} \quad [1]$$

4. Análisis de una reforma fiscal verde en España

4.1. La reforma

La RFV simulada en este trabajo introduce un impuesto sobre las emisiones de CO₂ cuyos ingresos se utilizan en su totalidad para financiar una reducción en las cotizaciones sociales a cargo de los empleadores. El tipo impositivo ambiental con-

¹⁶ Para calibrar el MEGA suponemos que los precios de referencia (*benchmark*) son iguales a la unidad, y las cantidades son iguales a los valores monetarios en la MCN-95. Por tanto, los cambios en cada uno de los precios respecto al IPC representan en realidad un índice de cómo debe cambiar la relación entre ambos.

siderado es de 12,28 por tonelada de CO₂ emitida a la atmósfera, siguiendo los resultados más plausibles sobre daños de este contaminante en la literatura científica¹⁷. El impuesto ambiental no grava directamente las emisiones de cada sector o institución, sino el consumo de combustibles fósiles causantes de la contaminación (carbón, productos refinados del petróleo, y gas natural).

Los impuestos son programados como ad-valorem en el modelo de equilibrio general. Sin embargo, el impuesto ambiental simulado en la RFV es ad-quantum o unitario, *ACCISA_i*. Con el fin de hacer compatibles ambos objetivos, el tipo impositivo del impuesto ambiental ad-valorem, *TE_i*, es una variable endógena del modelo. En equilibrio, la recaudación obtenida por ambos impuestos debe ser idéntica. Con este objetivo se utiliza la restricción,

$$TE_i \cdot PD_i \cdot (1 - TD_i + SD_i - TE_i) \cdot D_i = D_i \cdot ACCISA_i \quad [2]$$

donde *D_i* representa el consumo doméstico (interior) de cada bien y servicio, *PD_i* es el precio de mercado, *TD_i* y *SD_i* representan los impuestos y subvenciones al consumo, respectivamente.

4.2. Algunos problemas básicos en la integración de los modelos

La metodología propuesta en este trabajo ha seguido un enfoque de integración secuencial arriba-abajo sin interacción, por el motivo principal de que permite aprovechar al máximo las capacidades predictivas de cada modelo por separado. Ello determina que necesariamente existan ciertas diferencias entre los valores obtenidos, porque i) las formas funcionales son distintas para cada modelo y, ii) el modelo micro permite considerar una elevada heterogeneidad entre los hogares, cuestión ignorada por completo en el modelo macro. En la Tabla 2 se presenta, a modo de ilustración, los cambios predichos por cada modelo en el consumo de cada uno de los bienes que forman el sistema de demanda. Las diferencias que se producen son importantes excepto para carburantes y otros bienes y dichas diferencias ponen de manifiesto algunos problemas que surgen en la integración, pero también las diferencias que surgen del hecho de que ambos modelos permiten la obtención de resultados diferentes. No obstante, existen grupos como carburantes u otros bienes en los que las diferencias no son muy acusadas (véase Tabla 2).

¹⁷ Esta cifra proviene de la estimación de los costes marginales reales de la emisión de una tonelada de CO₂ en el período 1991-2000, metodología que se ajusta a la política simulada (actuación unilateral de un país relativamente poco importante en términos de emisión). Para más detalles sobre este asunto véase LABANDEIRA y LABEAGA (2002).

TABLA 1
RAMAS DE ACTIVIDAD EN LA MCS-95 Y SU CORRESPONDENCIA
CON LA TSIO-95

Sectores MCN-95	Descripción	Código TSIO 1995
AGRI	Agricultura, ganadería y caza, selvicultura, pesca y acuicultura	TSIO 01, 02, 03
CARBON	Extracción y aglomeración de antracita, hulla, lignito y turba	TSIO 04
CRUDO	Extracción de crudos de petróleo y gas natural.	TSIO 05
MINER	Extracción de minerales de uranio y torio	TSIO 06, 07
	Extracción de minerales metálicos, no metálicos ni energéticos	
PETROL	Coquerías, refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares	TSIO 08
ELEC	Electricidad	TSIO 09
GAS NAT	Gas natural	TSIO 10
ALIM	Alimentos y bebidas	TSIO 12-15
MANUF	Otras manufacturas	TSIO 11, 16-20, 31-38
QUIMIO	Industria química	TSIO 21-24
PROMIN	Manufactura otros minerales no metálicos, reciclaje	TSIO 25-28, 39
METAL	Metalurgia, productos metálicos	TSIO 29, 30
CONS	Construcción	TSIO 40
SERV1	Telecomunicaciones, servicios financieros, inmobiliarios, alquiler, informática, I+D, servicios profesionales, asociaciones empresariales	TSIO 41-43, 50-58, 71
HOST	Hostelería	TSIO 44
TRANSP	Servicios de transporte	TSIO 45-49
SERV2	Educación, servicios sanitarios, veterinarios y sociales, saneamiento, ocio, cultura, deporte, administraciones públicas	TSIO 59-70

NOTA: Los códigos TSIO representan las distintas ramas de actividad en la TSIO publicada en INE (2002a).
FUENTE: Elaboración propia.

TABLA 2
CAMBIOS RELATIVOS EN EL CONSUMO DE LOS HOGARES (%)

Bien	Electricidad	Gas natural	GLP	Carburantes	Transporte público	Alimentación	Otros
MEGA	+9,37	+1,81	+1,81	+14,25	-0,85	-0,91	-0,86
Micro	+2,50	+6,10	+16,0	+17,70	-3,60	-2,50	-0,60

NOTAS:

1. El modelo de equilibrio general no distingue entre gas natural y GLP.
2. Todas las cifras son porcentajes.

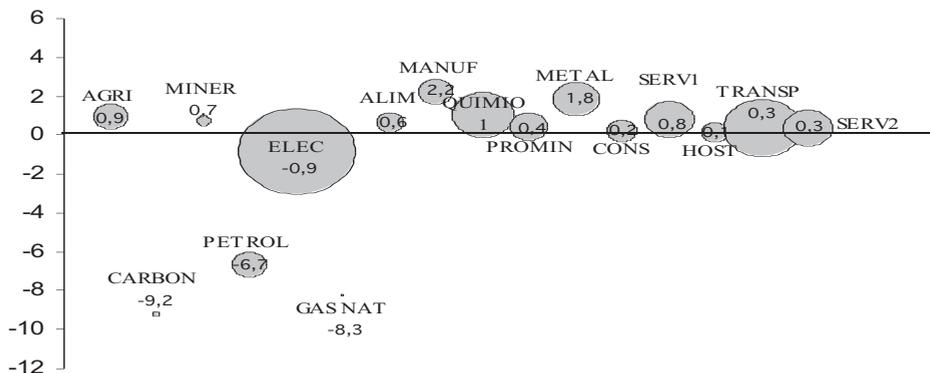
FUENTE: Elaboración propia.

4.3. Resultados del modelo de equilibrio general aplicado

El efecto más inmediato de la RFV es una reducción del 11,70 por 100 en el tipo marginal de las cotizaciones sociales a cargo de los empleadores, reducción financiada por la nueva imposición ambiental. La reducción en los costes laborales estimula una mayor demanda de trabajo, que crece un 0,10 por 100. A su vez, una tasa de ocupación mayor crea los mecanismos necesarios para que se produzca un incremento del 0,20 por 100 en las rentas reales del trabajo. Sin embargo, las rentas reales del capital caen un 0,70 por 100. La RFV reduce en un 0,72 por 100 la riqueza de la economía en términos del PIB a precios básicos (PIBpb), aunque el PIB a precios de adquisición (PIBpm) experimenta un crecimiento del 0,16 por 100.

Las Figuras 3 y 4 muestran los efectos sectoriales de la RFV sobre la producción, y el peso relativo de cada sector sobre el conjunto de las emisiones españolas de CO₂ en el año base. La RFV afecta negativamente a la producción de bienes energéticos primarios y, con menor intensidad, al sector eléctrico. Los demás sectores experimentan incrementos más o menos significativos en su actividad. En cuanto a los precios reales, todos experimentan reducciones salvo los energéticos, la minería y los servicios de transporte.

FIGURA 3
CAMBIOS PORCENTUALES EN LA PRODUCCIÓN SECTORIAL



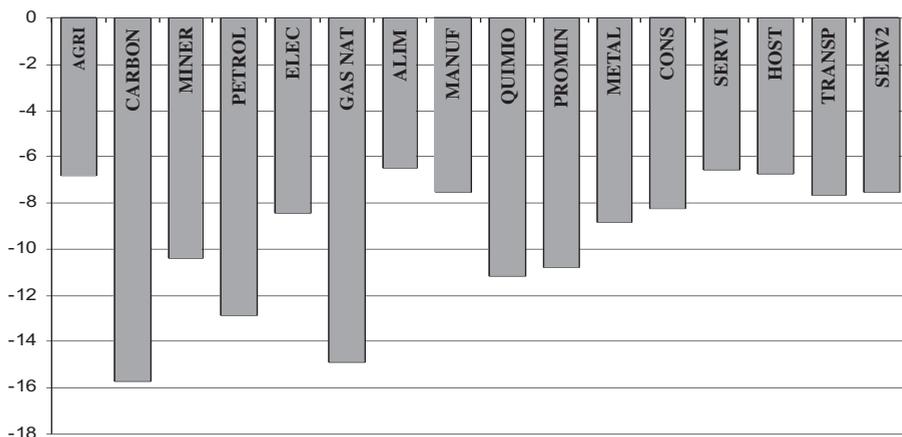
NOTAS: Los cambios porcentuales en la producción de cada sector son rotulados numéricamente. Las burbujas asociadas a cada sector representan el peso relativo de las emisiones sectoriales sobre el total.

FUENTE: Elaboración propia.

Los resultados muestran además que la RFV es un instrumento de control ambiental eficaz, reduciendo las emisiones de CO₂ en 17.980,351 tm, o un 7,68 por 100 en términos relativos. La Figura 4 muestra los sectores que experimentan una mayor reducción: el sector eléctrico (*ELEC*), los hogares, los servicios de transporte (*TRANSP*), y el sector químico (*QUIMIO*), aunque no son los que realizan un mayor esfuerzo en términos relativos. La Figura 3 presenta los esfuerzos relativos sectoriales, siendo los mayores los realizados por la minería del carbón (-9,2 por

100) y la producción de gas natural (-8,3 por 100). Sin embargo, su peso relativo en la generación de emisiones españolas es muy reducido (0,16 y 0,09 por 100, respectivamente) tal y como ilustra el tamaño de sus respectivas burbujas.

FIGURA 4
CAMBIOS PORCENTUALES EN LAS EMISIONES SECTORIALES DE CO₂



FUENTE: Elaboración propia.

El bienestar social, medido en base monetaria como la variación equivalente en términos reales, experimenta un incremento de 251,3 millones de euros. Los beneficios ambientales de la RFV se calculan suponiendo que el tipo impositivo ambiental expresa los daños monetarios causados por las emisiones contaminantes. De esta manera, los cambios ambientales provocados por la RFV suministran un primer dividendo (ambiental) de 221,2 millones de euros, y un segundo dividendo (fiscal) de tan sólo 35 millones de euros.

4.4. Resultados del modelo de demanda de bienes energéticos de los hogares

El objetivo de este epígrafe es desagregar los efectos estimados por el MEGA sobre el consumo de los hogares. La Tabla 3 recoge los cambios porcentuales en los precios de adquisición (precio de venta al público) post-reforma, que recibe como input el modelo de demanda de bienes energéticos. Los incrementos de precios más importantes se producen en carburantes para el transporte y gases para el hogar, observándose pequeños incrementos en el precio de la electricidad (debido al cambio hacia tecnologías más limpias) y en transporte público (beneficiado de la reducción en los costes laborales). Por último, alimentos y otros bienes no duraderos experimentan caídas mínimas en sus precios relativos, lo que es sin embargo rele-

vante porque esos gastos representan conjuntamente alrededor del 92 por 100 de la cesta de consumo de bienes no duraderos de los hogares.

La Tabla 3 también muestra la modificación en los gastos realizados por cada hogar (cambios medios observados en la muestra) en cada uno de los bienes. Los principales incrementos de gasto se producen en los bienes energéticos primarios (gases y carburantes). Se reduce el gasto dedicado a transporte público, alimentos y bebidas no alcohólicas, y en otros bienes no duraderos. Sin embargo, son precisamente estos grupos de bienes los que representan una proporción mayor en la cesta de consumo de los hogares, por lo que el gasto total realizado se reduce ligeramente.

TABLA 3
CAMBIOS PORCENTUALES EN LOS PRECIOS
DE ADQUISICIÓN Y GASTO MEDIO

	Precios	Gasto medio
Electricidad	3,30 (3,40)	2,50
Gas natural	16,1 (10,0)	6,10
GLP	16,1 (10,0)	16,0
Carburantes transporte	19,6 (9,70)	17,7
Transporte público	-0,40 (0,0)	-3,6
Alimentos y bebidas	-0,60 (0,0)	-2,5
Otros no duraderos	-0,90 (0,0)	-0,6

NOTAS:

1. Los cambios de gasto en la tabla corresponden a la media de hogares en la muestra. Estimación realizada para el año 1995. En paréntesis se proporcionan los cambios porcentuales en los precios que proporciona el modelo de equilibrio parcial.
2. Cifras expresadas en porcentaje.

FUENTE: Elaboración propia.

En general se produce una sustitución de los bienes energéticos por otros bienes, ahora más baratos en términos relativos. Sorprende la sustitución de GLP por gas natural, cuando éste se encarece en mayor medida, lo que puede deberse a la gran heterogeneidad de hogares (el consumo de gas natural es realizado por los hogares residentes en las grandes ciudades).

La Tabla 4 recoge los cambios en los pagos impositivos realizados por los hogares, clasificando éstos por grupos de renta, dividiendo la población en decilas. Las modificaciones en los pagos impositivos totales realizados por los diferentes hogares son poco significativas, de manera que no hay efectos distributivos relevantes. Los resultados indican tendencia a la proporcionalidad, si bien los hogares pertenecientes a la primera decila son los más beneficiados con la reforma y aquéllos per-

tenecientes a las decilas superiores los más perjudicados. Esto contrasta con los resultados de la evidencia empírica sobre RFVs aplicadas o simuladas en el centro y norte de Europa, con claros rasgos regresivos. La comparación de resultados con los que proporciona el modelo de equilibrio parcial, proporciona evidencia de la mayor riqueza del modelo integrado. Las diferencias pueden ser atribuibles a las relaciones económicas que el modelo de equilibrio parcial no contempla.

TABLA 4
EFFECTOS DISTRIBUTIVOS DE LA
REFORMA FISCAL VERDE

Decila	€	%
1.º	5,40 (13,5)	0,90 (2,40)
2.º	20,4 (22,7)	2,20 (2,50)
3.º	32,7 (30,1)	2,80 (2,50)
4.º	56,7 (43,0)	3,80 (2,80)
5.º	66,2 (48,5)	3,70 (2,70)
6.º	76,7 (54,8)	3,80 (2,80)
7.º	95,5 (64,3)	4,00 (2,70)
8.º	110,6 (71,8)	4,00 (2,60)
9.º	134,3 (83,6)	4,00 (2,50)
10.º	217,9 (126,0)	4,30 (2,50)

NOTAS:

1. Estimación realizada para el año 1995. En paréntesis se proporcionan los efectos proporciona el modelo de equilibrio parcial.
2. Las cifras recogen la diferencia en los pagos impositivos medios por decila de renta (gasto total) en € y tanto por 100.

FUENTE: Elaboración propia.

La Tabla 5 muestra los efectos de ambas reformas sobre ciertos grupos de hogares. Los efectos distributivos de las reformas son, también aquí, poco significativos. Los menos perjudicados en términos absolutos y relativos son los hogares con cabeza de familia jubilado, los hogares sin hijos menores de catorce años, y los hogares con residencia habitual en las grandes ciudades. Los hogares menos favorecidos con la reforma son aquellos con residencia habitual en municipios con menos de 10,000 habitantes (rurales) y los hogares con hijos. A pesar de todo, no todos los hogares han salido perdiendo con la RFV simulada: las dos últimas filas en la Tabla 5 refieren el número de hogares ganadores (los que obtienen ahorros netos positivos en sus pagos impositivos) y perdedores (ahorros netos negativos). Los resultados del modelo de equilibrio parcial, que en este caso no se presentan, están en la línea de los comentados en la Tabla 4.

TABLA 5
EFFECTOS DISTRIBUTIVOS DE LA RFV
SOBRE GRUPOS DE HOGARES

Agrupaciones	€	%
Jubilados	+ 48,5	+ 3,0
Sin hijos	+ 71,1	+ 3,5
2 hijos	+ 95,9	+ 4,1
4 hijos	+ 76,1	+ 4,2
Rural	+ 71,2	+ 3,9
Urbano	+ 87,6	+ 3,7
N.º ganadores	793	26%
N.º perdedores	2.138	74%

NOTAS:

1. Estimación realizada para el tercer trimestre de 1995.
2. Las cifras recogen la diferencia en los pagos impositivos medios por características socio-demográficas en € y tanto por 100.

FUENTE: Elaboración propia.

Por su parte, la Tabla 6 indica que los efectos ambientales estimados para los hogares por el modelo microeconómico son positivos aunque de menor cuantía que los obtenidos por el MEGA para los sectores industriales. La RFV reduce significativamente las emisiones de óxidos de azufre (SO₂) y nitrógeno (NO_x), gases causantes de problemas sobre la salud humana y fenómenos de lluvia ácida.

TABLA 6
EFFECTOS AMBIENTALES DE LA RFV

	CO ₂	SO ₂	NO _x
Electricidad	-0,8		
Gas natural	-8,6		
GLP	-0,1		
Carburantes transporte	-1,6		
Total	-1,5	-0,8	-1,5

NOTAS:

1. Estimación realizada para el tercer trimestre de 1995.
2. Las cifras recogen la modificación en las emisiones de los hogares, expresadas en tanto por 100.

FUENTE: Elaboración propia.

5. Conclusiones

Este artículo suministra información sobre los efectos económicos, distributivos y ambientales de la aplicación en España de una hipotética RFV basada en un impuesto sobre las emisiones de CO₂ con simultánea reducción en las cotizaciones sociales empresariales. Para ello se ha utilizado un enfoque metodológico innovador que integra diferentes métodos de análisis y amplía considerablemente el cálculo de sus efectos. Se ha combinado así un modelo de equilibrio general estático, para conocer los efectos de la reforma sobre la eficiencia en distintos sectores económicos, con un modelo microeconómico de demanda energética residencial que permite la desagregación de los resultados globales entre familias, posibilitando el cálculo de los efectos distributivos de la reforma.

Los resultados obtenidos indican que una RFV con un impuesto de 12,28 por tonelada emitida de CO₂, permite reducir las emisiones españolas de este contaminante por parte de empresas y consumidores finales. También proporciona importantes beneficios no ambientales al disminuir las distorsiones creadas por el sistema fiscal vigente, incrementando ligeramente el empleo y mejorando el bienestar social. Es decir, proporciona un doble dividendo fuerte.

Como cabía esperar, los efectos de la RFV sobre la producción son muy desiguales, reduciéndose la actividad en los sectores intensivos en energía e incrementándose en otros sectores. También son heterogéneos los efectos sobre los precios finales, ya que se incrementan los precios de los sectores intensivos en energía y se reducen ligeramente en los sectores más importantes en la cesta de consumo de los hogares.

Respecto a los efectos distributivos de la RFV, la desagregación para distintos hogares presenta resultados poco significativos y tendentes a la proporcionalidad, lo que no quiere decir que no haya agentes perjudicados por la RFV. Esta conclusión es especialmente interesante pues buena parte de la literatura empírica internacional considera que los efectos de una RFV son regresivos. El resultado es acorde, en cualquier caso, con otras evaluaciones empíricas que indican la escasa regresividad de la imposición energética en España.

En consecuencia y ante la necesaria actuación en el control de las emisiones españolas de CO₂ por los compromisos internacionales existentes, las implicaciones de política extraíbles de este trabajo parecen claras. Es posible reducir las emisiones españolas de dióxido de carbono a través de una RFV y simultáneamente conseguir una mejora en el bienestar no ambiental a un coste distributivo reducido.

6. Referencias bibliográficas

- [1] AABERGE, R.; COLOMBINO, U.; HOLMOY, E.; STROM, B. y WENNEMO, T. (2004): «Population ageing and fiscal sustainability: an integrated micro-macro analysis of required tax changes», *Discussion Paper 367*, Statistics Norway.
- [2] AVITSLAND, T. y AASNESS, J. (2004): «Combining CGE and microsimulation models: effects on equality of VAT reforms», *Discussion Paper 392*, Statistics Norway.
- [3] BAKER, P.; BLUNDELL, R. y MICKLEWRIGHT, J. (1989): «Modelling household energy expenditures using micro-data», *Economic Journal* 99, 720-738.
- [4] BALLARD, C.; SHOVEN, J. y WHALLEY, J. (1985): «General equilibrium computations of the marginal welfare costs of taxes in the United States», *American Economic Review* 75, 128-138.
- [5] BANKS, J.; BLUNDELL, R. y LEWBEL, A. (1997): «Quadratic Engel curves and consumer demand», *Review of Economics y Statistics* 79, 527-539.
- [6] BLUNDELL, R. W. y ROBIN, J. M. (1999): «Estimation in large and disaggregated demand systems: an estimator for conditionally linear systems», *Journal of Applied Econometrics* 14, 209-232.
- [7] BÖHRINGER, C. y RUTHERFORD, T. (1997): «Carbon taxes with exemptions in an open economy: a general equilibrium analysis of the german tax initiative», *Journal of Environmental Economics y Management* 32, 189-203.
- [8] BÖHRINGER, C.; FERRIS, M. y RUTHERFORD, T. (1997): «Alternative CO₂ abatement strategies for the European Union», en Proost, S. y Brader, J. (eds.), *Climate Change, Transport and Environmental Policy*. Edward Edgar, Cheltenham.
- [9] BOURGUIGNON, F.; ROBILLIARD, A. y ROBINSON, S. (2003): «Representative versus real households in the macro-economic modeling of inequality», *Working Paper 2003-05*, DELTA.
- [10] BOVENBERG, L. y GOULDER, L. (2002): «Environmental taxation and regulation», en Auerbach y Feldstein (eds.), *Handbook of Public Economics*. Elsevier Science, Dordrecht.
- [11] BUSSOLO, M. y LAY, J. (2003): «Globalization and poverty changes in Colombia», Mimeo disponible en www.pep-net.org.
- [12] COCKBURN, J. (2001): «Trade liberalisation and poverty in Nepal. A computable general equilibrium micro simulation analysis», Mimeo disponible en www.pep-net.org.
- [13] COGNEAU, D. (1999): «Labor market, income distribution and poverty in Antananarivo: a general equilibrium simulation», *Document de Travail DT-1999-12*, DIAL.
- [14] COGNEAU, D. y ROBILLIARD, A. (2004): «Poverty Alleviation Policies in Madagascar: a Micro-Macro Simulation Model», *Document de Travail DT-2004-11*, DIAL.
- [15] DAVIES, J. (2004): «Microsimulation, CGE and macro modelling for transition and developing economies», *Discussion Paper 2004-08*, United Nations University.
- [16] DEATON, A. y MUELLBAUER, J. (1980): «An almost ideal demand system», *American Economic Review* 70, 570-597.
- [17] FERNÁNDEZ, M. y MANRIQUE, C. (2004): «La Matriz de Contabilidad Nacional: un Metodo Alternativo de Presentacion de las Cuentas Nacionales», *Documentos de Trabajo Area Análise Económica* 30, IDEGA.
- [18] GAGO, A. y LABANDEIRA, X. (2000): «Towards a green tax reform model», *Journal of Environmental Policy and Planning* 2, 25-37.
- [19] GAGO, A.; LABANDEIRA, X. y RODRÍGUEZ, M. (2003): «Evidencia empírica internacional sobre los dividendos de la imposición ambiental», en Buñuel, M. (ed.), *Fiscalidad Ambiental*. Civitas, Madrid.
- [20] GÓMEZ, A.; KVERNDOKK, S. y FAEHN, T. (2004): «Can carbon taxation reduce Spanish Unemployment?», *Memoranda 26/2004*, University of Oslo.

- [21] GORTZ, M.; HARRISON, G.; NIELSEN, C. y RUTHERFORD, T. (2000): «Welfare gains of extending opening hours in Denmark», *Economics Working Paper B-00-03*, Darla Moore School of Business.
- [22] GOULDER, L.; PARRY, I., y BURTRAW, D. (1997): «Revenue-raising versus other approaches to environmental protection: the critical significance of preexisting tax distortions», *Rand Journal of Economics* 28, 708-731.
- [23] IEA (1998): *Energy Statistics of OECD Countries. 1995-1996*. OECD, París.
- [24] INE (2002a): *Contabilidad Nacional de España. Base 1995. Serie Contable 1995-2000. Marco Input-Output 1995-1996-1997*. Madrid.
- [25] INE (2002b): *Estadísticas de Medio Ambiente. Cuentas Ambientales*. Madrid.
- [26] JENSEN, H. y TARP, F. (2003): «Trade liberalisation and spatial inequality: a methodological innovation in Vietnamese perspective», Mimeo disponible en www.pep-net.org.
- [27] KEEN, M. (1986): «Zero expenditures and the estimation of Engel curves», *Journal of Applied Econometrics* 1, 277-286.
- [28] LABANDEIRA, X. y LABEAGA, J. M. (1999): «Combining input-output analysis and micro-simulation to assess the effects of carbon taxation on Spanish households», *Fiscal Studies* 20, 303-318.
- [29] LABANDEIRA, X. y LABEAGA, J. M. (2002): «Estimation and control of Spanish energy-related CO₂ emissions: an input-output approach», *Energy Policy* 30, 597-611.
- [30] LABANDEIRA, X.; LABEAGA, J. M. y RODRÍGUEZ, M. (2004): «Microsimulating the effects of household energy price changes in Spain», *Nota di Lavoro* 161-2004, FEEM.
- [31] LABANDEIRA, X.; LABEAGA, J. M. y RODRÍGUEZ, M. (2005a): «A macro and micro-economic integrated approach to assess the effects of public policies», *Documento de Trabajo* 2005-8, FEDEA
- [32] LABANDEIRA, X.; LABEAGA, J. M. y RODRÍGUEZ, M. (2005b): «A residential energy demand system for Spain», *Working Paper* 2005-001, MIT CEEPR. Aceptado para su publicación en *The Energy Journal*.
- [33] LABEAGA, J. y SANZ, J. (2001): «Oferta de trabajo y fiscalidad en España. Hechos recientes y tendencias tras el nuevo IRPF», *Papeles de Economía Española* 87, 230-243.
- [34] MANRESA, A. y SANCHO, F. (2001): «Implementing a double dividend: recycling ecotaxes towards lower labour taxes», Mimeo, Universitat Autònoma de Barcelona.
- [35] MMA (2000): *Inventario de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera CORINE-AIRE 1994, 1995, 1996, e Inventarios Complementarios*. Madrid.
- [36] PARRY, I.; WILLIAMS, R. y GOULDER, L. (1999): «When can carbon abatement policies increase welfare? The fundamental role of distorted factor markets», *Journal of Environmental Economics and Management* 37, 52-84.
- [37] PERALI, F. (2004): «The general equilibrium impact of reforms at the macro and micro level: the Italian case», Mimeo, Università di Verona.
- [38] RODRÍGUEZ, M. (2003): «Imposición Ambiental y Reforma Fiscal Verde. Ensayos Teóricos y Aplicados». Tesis doctoral no publicada. Universidade de Vigo.
- [39] RUTHERFORD, T. (1999): «Applied general equilibrium modeling with MPSGE as a GAMS subsystem: an overview of the modeling framework and syntax», *Computational Economics* 14, 1-46.
- [40] SAVARD, L. (2003): «Poverty and inequality within a CGE framework: a comparative analysis of the representative agent and micro-simulation approaches», Mimeo, International Development Research Center.
- [41] SHOVEN, J. y WHALLEY, J. (1992): *Applying General Equilibrium*. Cambridge University Press,