
La política de mitigación del cambio climático y el doble dividendo: el caso de España

48

Este trabajo analiza la hipótesis del doble dividendo aplicado a la política de control del cambio climático en España utilizando un modelo de equilibrio general aplicado dinámico. El análisis empírico realizado pone de manifiesto que no es posible encontrar un doble dividendo fuerte en los escenarios planteados. Los resultados son más variados en lo que respecta a la existencia de un doble dividendo débil. La reducción de impuestos al trabajo y al consumo disminuye los costes de mitigación en mayor cuantía que la opción de devolver las recaudaciones vía transferencias. Los resultados, sin embargo, también muestran que la hipótesis del doble dividendo débil no está garantizada y tiene que ser examinada en detalle para cada caso concreto.

Lan honetan klima aldaketa kontrolatzeko politikari Spainian aplikatutako dibidendu bikoitzaren hipotesia aztertzen da, eta horretarako, Erantsitako Oreka Orokorreko Eredu dinamiko bat erabili da. Egindako azterlan empirikoak erakusten duenez, ez da posible dibidendu bikoitz indartsua izatea erabili diren eskenatokietan. Bestalde, emaitzak anitzagoak dira dibidendu bikoitz ahula dagoen kasuetan. Lanari eta kontsumoari dagozkien zergak murrizteak neurri handiagoan txikitzen ditu mitigazioaren kostuak, bildutako dirua transferentzien bidez itzultzearekin alderatuta. Dena den, emaitzek beste zerbaite ere erakusten dute, alegia, dibidendu bikoitz ahularen hipotesia ez dagoela bermaturik, eta kasu konkretu bakoitzean zehazki aztertu beharra dagoela.

This paper addresses the issue of the double dividend hypothesis in climate change control policy for the Spanish economy using a dynamic GEM. The empirical analysis carried out makes clear that it is not possible to find evidence that supports the strong double dividend hypothesis, at least in the scenarios considered. The results are more varied as regards the existence of a weak double dividend. The reduction in labour and consumption taxes reduces costs as opposed to the option of returning the revenues collected by means of transfers. Other results show, however, that the double dividend hypothesis in his weak version should be carefully examined in light of all the facts and being aware of the different situations.

ÍNDICE

1. Introducción
 2. Modelo y calibración
 3. Escenarios: emisiones futuras y reformas fiscales
 4. Resultados
 5. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: cambio climático, doble dividendo en la imposición ambiental, economía española.

Keywords: climate change, double dividend in the environmental imposition, Spanish economy.

N.º de clasificación JEL: Q54, H23, Q48.

1. INTRODUCCIÓN

La política ambiental puede ocasionar efectos positivos adicionales a la reducción de las emisiones. La hipótesis del «doble dividendo» (Pearce 1991, Oates 1995) hace referencia a los dos posibles beneficios, la mejora del medio ambiente y la mejora económica, que podrían obtenerse utilizando los ingresos de la fiscalidad ambiental para reducir otros impuestos tradicionales. La idea consiste en sustituir impuestos que gravan actividades «positivas», como por ejemplo el trabajo o la inversión, por impuestos que gravan actividades «negativas», como la generación de contaminación. Esta hipótesis es especialmente relevante en el caso del cambio climático; los costes son muy altos si se comparan con otras políticas ambientales, lo que aumenta la posibilidad de obtener un doble dividendo (DD).

Goulder (1995a) y Bovenberg (1996) proporcionan una revisión de las primeras aplicaciones teóricas y prácticas en esta área de investigación. La literatura distingue entre un DD «fuerte» y uno «débil». La versión fuerte afirma que una reforma impositiva ambiental —que mantenga la presión fiscal constante— tendrá un coste negativo independientemente de cómo se utilicen los ingresos impositivos. La versión débil establece que el coste de este tipo reformas será menor devolviendo los ingresos vía transferencias que mediante la reducción de otros impuestos.

Para una correcta estimación del DD, es preciso utilizar modelos que recojan las distorsiones reales previas existentes en una economía mediante un fiel reflejo de su sistema impositivo. Asimismo, es necesario utilizar métodos que nos permitan capturar los múltiples efectos, tanto directos como indirectos, que una política extensa como es una reforma fiscal puede generar. Por ello,

este tipo de políticas no pueden ser analizadas a través de un análisis de equilibrio parcial, sino que necesitan un enfoque más amplio de equilibrio general. Los modelos de equilibrio general computables (MEGA) son en este caso el método más adecuado.

Los análisis empíricos tienden a rechazar la hipótesis del DD «fuerte», aunque algunos modelos teóricos plantean esta posibilidad cuando los mercados de factores están muy distorsionados (Bovenberg y Goulder, 1996). Los costes finales van a depender de la relación entre la magnitud del efecto «interacción», que se produce al introducir un nuevo impuesto ambiental, y la magnitud del efecto «reciclaje», que se produce por el «uso» (o reciclado) de los nuevos ingresos en la reducción de otros impuestos.

Por otro lado, la existencia de un DD «débil» está más abierta a discusión. Una revisión empírica de la literatura (Bosquet, 2001; Gago *et al.*, 2000) muestra que los resultados dependen de los países que han sido analizados, de los modelos utilizados (macroeconómicos, input-output, equilibrio general, etc.), así como de los tipos de reformas que se simulen (transferencias, impuestos sobre el trabajo, sobre la producción, transferencias, pagos a la seguridad social, etc.). Lo que se observa es que en ciertos casos, es posible obtener un DD débil pero, tal y como mostró Babiker *et al.* (2003), también puede obtenerse el resultado contrario, es decir que «reciclar» los ingresos impositivos obtenidos a través de una reforma fiscal ambiental disminuyendo el importe de los impuestos tradicionales puede ser una alternativa peor que utilizar estos ingresos para llevar a cabo transferencias monetarias directas a los agentes económicos. Esto podría ocurrir en casos en los que la reducción de impuestos, en lugar de mejorar, empeore una distorsión

importante ya existente en los componentes del consumo. Por lo tanto es extremadamente importante subrayar que la hipótesis del DD, en su versión débil, tiene que ser analizada de forma empírica y con supuestos muy específicos y concretos.

En el caso de España diversos autores han abordado la hipótesis del DD. Manresa y Sancho (2005), por ejemplo, analizan diversas posibilidades mediante un modelo multisectorial dinámico de equilibrio general aplicado (MEGA) estático con desempleo involuntario. A través del estudio de la relación entre salarios reales y desempleo, concluyen que el DD será más probable cuanto mayor sea la flexibilidad en el mercado de trabajo. Por otro lado, Gómez *et al.* (2004) realizan un análisis similar, pero caracterizando el mercado de trabajo de manera endógena. Concluyen que un DD débil en materia de empleo es posible, y que la mejor opción (en términos de empleo) es reducir las contribuciones sociales de los trabajadores más cualificados ya que éstos son más productivos. Por último, Labandeira *et al.* (2004) utilizan un MEGA integrado con un modelo micro-económico de demanda, que también muestra la existencia de un DD débil y les permite además afirmar que una reforma fiscal ambiental en España no tendría efectos regresivos significativos.

La mayoría de los estudios internacionales y nacionales se han centrado hasta la fecha en la existencia de DD en un contexto estático y a corto plazo. Algunas excepciones son los trabajos de Goulder (1995b) para la economía norteamericana, y Bye (2000) para la economía noruega. Sin embargo, es importante tener en cuenta los efectos dinámicos cuando el problema o la política a analizar requiere de una perspectiva de largo plazo, como es el caso la mitigación del cambio climático.

En este artículo, analizaremos la hipótesis del DD aplicado al control del cambio climático en España, en un contexto dinámico y bajo diferentes alternativas: reduciendo los impuestos sobre el trabajo, el consumo y el capital. Además, la reducción de emisiones está basada en una política existente y real: la ratificada por España en el Protocolo de Kioto. Un aspecto destacable del análisis es que la política se simula a través de un mercado competitivo de permisos de emisión, lo que nos permite encontrar soluciones coste-efectivas. Para ello, primero fijaremos el dividendo ambiental, es decir, la reducción de emisiones, y después obtendremos el dividendo económico a través del cálculo del coste mínimo de mitigación.

El trabajo se ordena como sigue: en la sección 2 presentamos los aspectos generales y detallados del modelo, y los datos utilizados para su calibración. En la sección 3 describimos los escenarios de análisis planteados y en la sección 4 explicamos los resultados obtenidos. Por último, en la sección 5, recogemos las principales conclusiones obtenidas a lo largo del trabajo y las futuras líneas de investigación.

2. MODELO Y CALIBRACIÓN

2.1. Descripción general

El análisis se basa en un MEGA. Los MEGA son versiones empíricas de un modelo *walrasiano* y recogen la interdependencia entre los distintos agentes económicos. Estos modelos permiten captar el flujo circular de la renta y son útiles para analizar el impacto de políticas que tienen efectos directos e indirectos significativos. Una buena introducción puede encontrarse en Shoven y Whalley (1992).

La simulación de políticas que se extienden en el tiempo requiere el uso de modelos dinámicos. En nuestro caso utilizaremos un MEGA dinámico tipo Ramsey donde los agentes deciden entre consumir o ahorrar (consumo futuro) en cada periodo para maximizar la utilidad en todo el horizonte temporal (utilidad total).

El modelo está compuesto por los siguientes agentes: 1) 22 sectores productivos y 2) un consumidor representativo, que posee los factores productivos (capital y trabajo), 3) un gobierno, que recauda impuestos, provee bienes y servicios públicos y controla las emisiones a través de los permisos de emisión, y por último, 4) el agregado Resto del Mundo, que agrupa todo el sector exterior. La desagregación de los sectores comprende a sectores energéticos (carbón, petróleo, gas natural, electricidad), a sectores relevantes por sus emisiones (agricultura, transporte e industria) y también a sectores relevantes por su peso económico (servicios privados y públicos). El modelo contempla las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) que provienen de la combustión¹ y que realizan tanto los productores como los consumidores.

2.2. Descripción detallada

Productores

Cada sector productivo, $j=1,\dots,J$, produce un bien homogéneo con una tecnología caracterizada mediante funciones CES anidadas². La producción de cada sector ($Y_{j,t}$) en cada momento del tiempo t se obtiene combinando inputs intermedios ($Y_{1,j,t}^{ID}$), capi-

¹ En el caso de España las emisiones de CO_2 representan (en el año base) el 72% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero.

² CES (Funciones de elasticidad de sustitución constante, ver anexo).

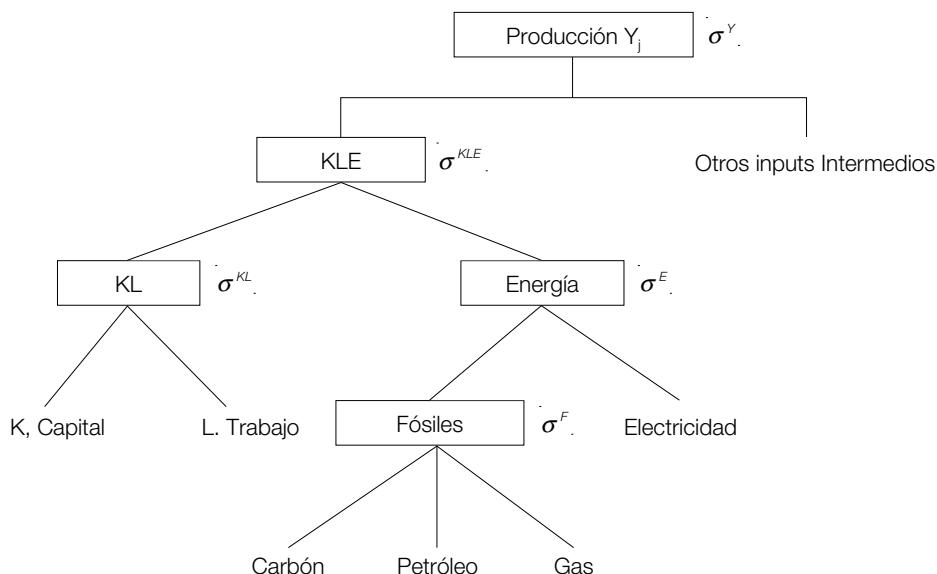
tal ($K_{j,t}$), trabajo ($L_{j,t}$) y emisiones ($E_{j,t}^P$). Las emisiones pueden ser consideradas como un factor productivo más, ya que tienen que ir asociadas a un permiso de emisión que tiene un precio de mercado. La ecuación 1 recoge la forma genérica³ de esta función de producción, mientras que en el gráfico n.^o 1 se recoge su estructura de for-

ma gráfica⁴. El parámetro σ representa la elasticidad de sustitución entre inputs.

$$Y_{j,t} = CES(Y_{1,j,t}^{ID}, \dots, Y_{J,j,t}^{ID}; K_{j,t}; L_{j,t}; E_{j,t}^P : \sigma^Y, \sigma^{KLE}, \sigma^{KL}, \sigma^E, \sigma^F), \forall(j, t) \quad (1)$$

Los productores maximizan beneficios sujetos a las restricciones tecnológicas des-

Gráfico n.^o 1
Estructura de la función de producción



Fuente: Elaboración propia.

³ La ecuación 1 es una forma reducida de presentar dichas funciones, mediante los inputs y las elasticidades, para evitar su gran extensión algebraica. A modo de ejemplo; una función CES para el caso de dos niveles de anidamiento y dos inputs tiene la siguiente forma:

El primer nivel:
 $Y = CES(X_1, X_2; \sigma) = (a_1 X_1^{\sigma-1/\sigma} + a_2 X_2^{\sigma-1/\sigma})^{\sigma/\sigma-1}$ y el segundo nivel:
 $X_2 = CES(X_3, X_4; \psi) = (a_3 X_3^{\psi-1/\psi} + a_4 X_4^{\psi-1/\psi})^{\psi/\psi-1}$, donde a_1, a_2, a_3, a_4 son parámetros y σ, ψ representan las elasticidades de sustitución entre los inputs.

critis. El beneficio neto de impuestos en el equilibrio será nulo, es decir, el valor del output de cada sector será igual al valor de todos los inputs utilizados. Esta condición

⁴ Es habitual en este tipo de modelo representar gráficamente las funciones de producción por su compleja extensión algebraica.

se recoge en la ecuación 2, donde $P_{j,t}$ es el precio del output del sector j en el instante t, $P_{K,t}$ es el precio del capital, $P_{L,t}$ el precio del trabajo y $P_{E,t}$ el precio de los permisos de emisión. Por otro lado, τ_j^P y τ_j^L son las tasas impositivas sectoriales sobre la producción y el trabajo.

$$(P_{j,t} + \tau_j^P) \cdot Y_{j,t} - [P_{j,t} \cdot Y_{j,t}^{ID} + P_{K,t} \cdot K_{j,t} + (P_{L,t} + \tau_j^L) \cdot L_{j,t} + P_{E,t} \cdot E_{j,t}^P] = 0 \quad \forall(j,t) \quad (2)$$

Consumidores

El modelo considera un único consumidor representativo que es el propietario de los factores de producción (capital y trabajo). Las preferencias de los consumidores en el periodo t se definen mediante una función de utilidad CES anidada de los diferentes bienes de consumo j ($C_{j,t}$) y elasticidades (ver ecuación 3 y gráfico n.º 2).

$$U_t = CES(C_{1,t}, \dots, C_{J,t}; \sigma^C, \sigma^{CE}, \sigma^{CB}), \forall t \quad (3)$$

La utilidad total (U) es una agregación de las utilidades intertemporales (U_t), como recoge la ecuación 4. La elasticidad de sustitución intertemporal (σ^U) es el parámetro que nos permite modelizar las preferencias entre utilidad presente y utilidad futura.

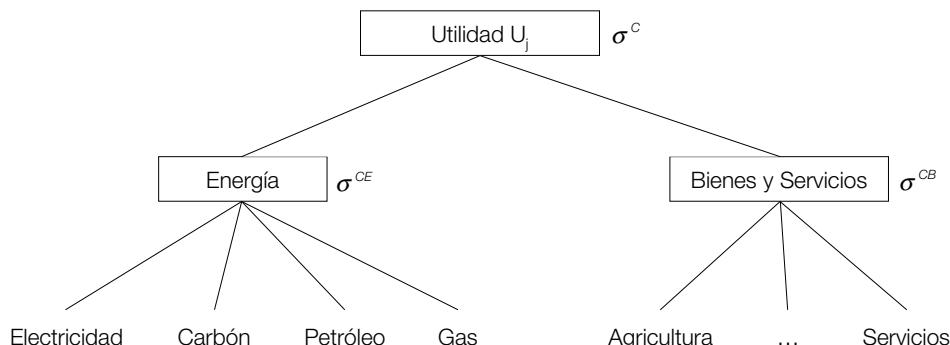
$$U_t = U = CES(U_1, \dots, U_t; \sigma^U) \quad (4)$$

El consumidor maximiza la utilidad total sujeto a una restricción presupuestaria. En el equilibrio el ingreso obtenido en cada periodo por el trabajo, el capital y las transferencias del gobierno (T_t) debe ser igual al gasto realizado en consumo ($C_{j,t}$), pago de impuestos (τ_j^C), compra de permisos de emisión (E_t^C), más el dinero destinado al ahorro (S_t), como se recoge en la ecuación 5. Los consumidores también generan emisiones y suponemos que también necesitarían adquirir permisos de emisión.

$$\begin{aligned} & P_{K,t} \cdot K_t + P_{L,t} \cdot L_t + T_t = \\ & = \sum_{j=1}^J (P_{j,t} + \tau_j^C) \cdot C_{j,t} + P_{E,t} \cdot E_t^C + S_t, \forall t \end{aligned} \quad (5)$$

Gráfico n.º 2

Estructura de la función de utilidad



Fuente: Elaboración propia.

Gobierno

El gobierno recauda impuestos sobre la producción, el trabajo y el consumo. También obtiene ingresos de los permisos de emisión, siendo E_t la suma de las emisiones de los productores y consumidores en cada periodo. Estos ingresos se emplean en proveer bienes y servicios públicos $G_{j,t}$ y en realizar transferencias a los consumidores (T), de forma que el déficit público sea siempre nulo (ver ecuación 6). Las preferencias del gobierno se recogen a través de una función Leontief, lo que nos permite mantener fijo en el análisis la estructura del gasto público (ver ecuación 5). También suponemos que cualquier cambio en los ingresos del gobierno, debido a los ingresos extras obtenidos por los permisos de emisión, se compensará mediante la reducción de otros impuestos (escenarios de reforma fiscal) de forma que la presión fiscal permanezca constante.

$$\bar{G} = \text{Leontief}(G_{1,t}, \dots, G_{J,t}), (\forall t) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} & \left[P_{E,t} \cdot E_t + \sum_{j=1}^J (P_{L,t} \cdot \tau^L \cdot L_{j,t} + P_{j,t} \cdot \tau_j^C \cdot C_{j,t} + P_{j,t} \cdot \tau_j^P \cdot Y_{j,t}) \right] = \\ & \left[\sum_{j=1}^J P_{j,t} \cdot G_{j,t} + T_t \right], \forall t \end{aligned} \quad (7)$$

Sector exterior

Para capturar las relaciones económicas con el entorno hemos agrupado a todos los países en un único agregado llamado «Resto del Mundo» y, de todos los flujos existentes, hemos considerado únicamente las importaciones y exportaciones de bienes y servicios. El comercio se modela siguiendo dos supuestos habituales en un MEGA. El primero, es el «supuesto de economía pequeña y abierta», según el cual a) la economía doméstica es demasiado pequeña para influir en los precios mundiales y b) las ne-

cesidades de importación y exportación pueden ser satisfechas mediante el comercio con el Resto del Mundo. El segundo, es el «supuesto de Armington» (Armington, 1969), que considera los bienes domésticos e importados/exportados como sustitutos imperfectos. En la práctica, esto supone modelar la oferta total ($Y_{j,t}^{TS}$) como una función CES (ecuación 8), que agrega la producción doméstica ($Y_{j,t}$), y las importaciones ($M_{j,t}$), y la demanda total ($Y_{j,t}^{TD}$) como una función de transformación CET⁵ (ecuación 9), que divide la demanda doméstica ($Y_{j,t}^D$) y las exportaciones ($Y_{j,t}^E$).

$$Y_{j,t}^{TS} = \text{CES}(Y_{j,t}, M_{j,t}), \quad \forall(j,t) \quad (8)$$

$$Y_{j,t}^{TD} = \text{CET}(Y_{j,t}^D, X_{j,t}), \quad \forall(j,t) \quad (9)$$

Finalmente, es necesario cerrar los flujos del modelo. En nuestro caso, suponemos que el déficit comercial, las importaciones menos las exportaciones, se mantiene constante y se financia a través del presupuesto de los consumidores (ecuación 10), siendo $P_{X,t}$ una variable que sirve para ajustar (vaciar) este mercado.

$$\sum_{j=1}^J P_{X,t} (M_{j,t} - X_{j,t}) = \overline{XD}_t, \quad \forall(t) \quad (10)$$

Crecimiento económico y cambio tecnológico

El crecimiento económico proviene del aumento del factor trabajo (exógeno) y del factor capital (endógeno). La oferta de trabajo está dada en el año de referencia inicial y crece a una tasa constante g (ecuación 11). El stock de capital también está dado en el año inicial (K_0), pero su crecimiento (ecuación 11), depende de la decisión de consu-

⁵ CEST (funciones de elasticidad de transformación constante, ver anexo)

mir (C_t) o invertir (I_t) en cada periodo y de la tasa de depreciación del capital (δ).

$$\bar{L}_{t+1} = \bar{L}_t \cdot (1+g), \quad \forall(t) \quad (11)$$

$$K_{t+1} = K_t \cdot (1+\delta) + I_t, \quad \forall(t) \quad (12)$$

Para aproximar un modelo de horizonte infinito a uno finito necesitamos adoptar una condición de transversalidad en el stock de capital; en caso contrario todo el capital sería consumido para el último periodo. Lau *et al.* (2002) proponen diferentes reglas para que la distorsión de esta condición sea mínima y, en nuestro caso, adoptaremos la más habitual en la literatura sobre MEGA (ecuación 13); que el crecimiento de la inversión y de la utilidad en el último periodo (T) sea idéntico.

$$\frac{I_T}{I_{T-1}} = \frac{U_{T,priv}}{U_{T-1,priv}} \quad (13)$$

El progreso tecnológico, que mide las mejoras previstas en cuanto a emisiones (CO_2) por unidad de output (PIB), se captura a través de un parámetro exógeno (φ_t). Este parámetro sigue una función logística, típica de los procesos de difusión tecnológica (ecuación (14)), donde el parámetro parte de un valor inicial en t_0 , aumenta gradualmente y finalmente se estabilizan en t_f .

$$\varphi_t = \varphi_{tf} \cdot \frac{1}{1 + (\varphi_{tf}/\varphi_{t0} - 1) \cdot e^{-t}}, \quad \forall(t) \quad (14)$$

Emisiones y política ambiental

Las emisiones totales (E_t) se calculan como la suma de las emisiones de productores (E_t^P) y consumidores (E_t^C) en cada periodo. Las emisiones están asociadas mediante coeficientes (α_e, y_e)⁶ al uso de carbón, petróleo y gas, tanto de producto-

res como de consumidores, y están corregidas en cada periodo por el parámetro (φ_t) de mejora tecnológica.

$$E_t^P = \varphi_t \sum_{j=1}^J \sum_{e=1}^3 \alpha_e \cdot Y_{e,j,t}^{ID}, \quad \forall t \quad (15)$$

$$E_t^C = \varphi_t \cdot \sum_{e=1}^3 y_e C_{e,t}^{ID}, \quad \forall t \quad (16)$$

La política ambiental se implementa a través de un mercado ideal de permisos de emisión transferibles. En este sistema, el gobierno fija para cada periodo el número de permisos y los subasta inicialmente en el mercado. Desde un punto de vista teórico, esta aproximación tiene la ventaja de permitirnos obtener soluciones coste-efectivas; los objetivos de reducción de emisiones se alcanzan a un coste mínimo. Un mercado de permisos es, además, una forma natural de introducir una política de mitigación de emisiones en un MEGA, ya que los permisos pueden ser tratados como un factor productivo más, que tiene su propia oferta y demanda, y su precio de equilibrio (Dellink, 2005). Si el número de permisos superan el nivel de emisiones no habrá escasez y su precio será cero, pero a medida que el gobierno comienza a reducir el número de permisos su precio comenzará a aumentar.

Las posibilidades de reducción de las emisiones de combustión están determinadas, fundamentalmente, por las posibilidades de sustitución entre inputs, ya que la quema de combustibles fósiles genera inevitablemente emisiones de CO_2 ⁷. Estos cambios pueden resumirse a través de variaciones en: a) mix energético, sustituyendo combustibles más intensivos en CO_2 por

⁶ Para $e \in \{\text{carbón, petróleo, gas}\}$.

⁷ Aunque existen tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CAC) estas posibilidades están todavía en fase de experimentación por razones de rentabilidad y de análisis de riesgo.

otros menos intensivos; *b)* estructura productiva, sustituyendo el uso de energía por otros inputs intermedios; y en *c)* estructura económica, sustituyendo la producción-consumo de bienes intensivos en emisiones por otros más «limpios». Por último, y cuando todas estas posibilidades de sustitución ya han sido explotadas, la única manera de reducir la emisiones es través de una *d)* reducción la actividad económica.

Equilibrio y solución

El concepto de equilibrio empleado responde a la noción *walrasiana* tradicional; las cantidades ofertadas son iguales a las cantidades demandadas y todos los agentes cumplen con sus planes de optimización. En nuestro caso, esto supone un equilibrio en el mercado de bienes y servicios (ecuación 17), en el mercado de trabajo y capital (ecuación (18) y (19)) y entre el ahorro y la inversión (ecuación 20). Por último, en el mercado de permisos de contaminación las emisiones totales serán iguales al número de permisos puestos en circulación (ecuación 23).

$$Y_{j,t}^{DD} = \sum_{jj=1}^J Y_{j,jj,t}^{ID} + C_{j,t} + G_{j,t} + I_{j,t} \quad (17)$$

$$\sum_{j=1}^J L_{j,t} = \bar{L}_t \quad (18)$$

$$\sum_{j=1}^J K_{j,t} = K_t \quad (19)$$

$$S_t = \sum_{j=1}^J P_{j,t} \cdot I_{j,t} + \bar{X}D_t \quad (20)$$

$$\bar{E}_t = E_t^P + E_t^C \quad (21)$$

Encontrar las soluciones de equilibrio implica resolver un sistema dinámico y finito de ecuaciones no lineales, donde los pre-

cios actúan como variables de ajuste. Para la programación del modelo se ha utilizado el lenguaje GAMS/MPSGE y para su resolución el algoritmo PATH.

Calibración y datos

Para calibrar el modelo utilizamos una matriz de contabilidad social (SAM) en la que hemos integrado la información de la tabla input-output (TIO) simétrica y la información de los balances energéticos sectoriales (ver apéndices, cuadro n.^o 1 y n.^o 2). Esta integración nos permite conocer los flujos energéticos subyacentes en la TIO y calcular a partir de ellos las emisiones de CO₂.

En un modelo dinámico es necesario conocer el valor de la tasa de crecimiento (*g*) y de la tasa de depreciación del capital. En nuestro caso asignamos a estos parámetros un valor anual de 2,5% y 5% respectivamente, que son los valores medios anuales de la economía española para el periodo 1990-2005.

La reacción de los agentes ante los cambios se recoge a través de las elasticidades de sustitución. Las elasticidades van unidas a la estructura de las funciones utilizadas en el modelo y para su estimación es necesario un análisis econométrico. En nuestro caso, la estructura de las funciones de producción, comercio y utilidad provienen del modelo MIT-EPPA (Babiker *et al.*, 2001) y también el valor de las elasticidades (cuadro n.^o 3).

Las emisiones de CO₂ en el año base se calculan a través del uso de coeficientes medios para el carbón, el petróleo y el gas natural. Estos coeficientes necesitan ser ajustados para considerar que en algunos sectores (Ej. químico, plástico, caucho, etc.) el uso de combustibles no se destina íntegramente a la combustión. Estos datos se recogen en el cuadro n.^o 3 y los resulta-

Cuadro n.º 3

**Elasticidades de sustitución producción,
utilidad y comercio internacional**

| | | |
|----------------|---|-----|
| σ^Y | Elasticidad de sustitución entre inputs materiales y Energía-Capital-Trabajo | 0 |
| σ^{KLE} | Elasticidad de sustitución entre Energía y Capital-Trabajo | 0,5 |
| σ^{KL} | Elasticidad de sustitución entre Capital-Trabajo | 1 |
| σ^E | Elasticidad de sustitución entre Electricidad y Combustibles Fósiles | 0,5 |
| σ^F | Elasticidad de sustitución entre Carbón, Petróleo y Gas Natural | 1 |
| σ^A | Elasticidad de sustitución entre bienes domésticos e importados | 3 |
| σ^T | Elasticidad de transformación entre bienes domésticos y exportaciones | 2 |
| σ^U | Elasticidad de sustitución entre utilidades intertemporales | 0,5 |
| σ^C | Elasticidad de sustitución entre consumo de bienes energéticos y no energéticos | 0,5 |
| σ^{CE} | Elasticidad de sustitución en el consumo entre bienes energéticos | 1 |
| σ^{CB} | Elasticidad de sustitución en el consumo entre bienes y servicios | 1 |

Fuente: MIT-EPPA (Babiker *et al.*, 2001).

Cuadro n.º 4

**Coeficientes medios de emisión y uso de combustibles fósiles
en la combustión**

| | Carbón | Petróleo | Gas |
|----------------------------------|--------|----------|-------|
| Toneladas CO ₂ / Ktep | 4,104 | 2,851 | 2,187 |
| Industria química (%) | 69 | 65 | 38 |
| Industria (en general) (%) | — | 75 | — |

Fuente: Eurostat 2005.

dos por sectores se recogen en cuadro n.^o 2 del apéndice⁸.

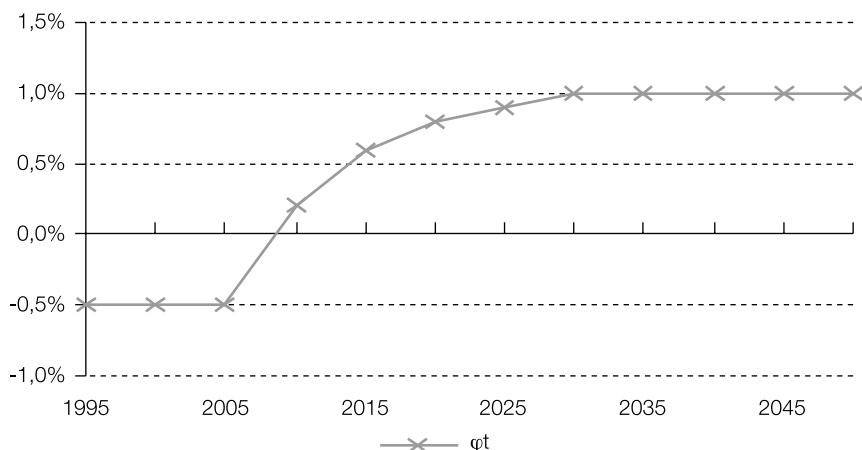
Una descripción más detallada los datos utilizados y de la calibración del modelo puede encontrarse en González (2007).

3. ESCENARIOS: EMISIONES FUTURAS Y REFORMAS FISCALES

El nivel de las emisiones futuras en nuestro modelo depende del crecimiento económico (g) y del cambio tecnológico exógeno (φ_t). Este último parámetro mide la diferencia entre el crecimiento de las emi-

siones de CO₂ y el crecimiento del PIB. Las emisiones de CO₂ crecieron en España en el periodo 1990-2005 a una tasa media anual del 3%, mientras que el PIB lo hizo a una tasa del 2,5%, luego el valor medio para este parámetro sería de un -0,5% anual. Sin embargo, la literatura (Grubb *et al.* 1993) suele asignarle un valor positivo y cercano al 1%, según estudios y regiones. Para solucionar esta discrepancia, supondremos que la difusión tecnológica hará converger a España hacia estos valores, aunque con un cierto retraso y siguiendo una función logística (ecuación (14)), tal y como se recoge en gráfico n.^o 3.

Gráfico n.^o 3
Proyecciones del parámetro de cambio tecnológico

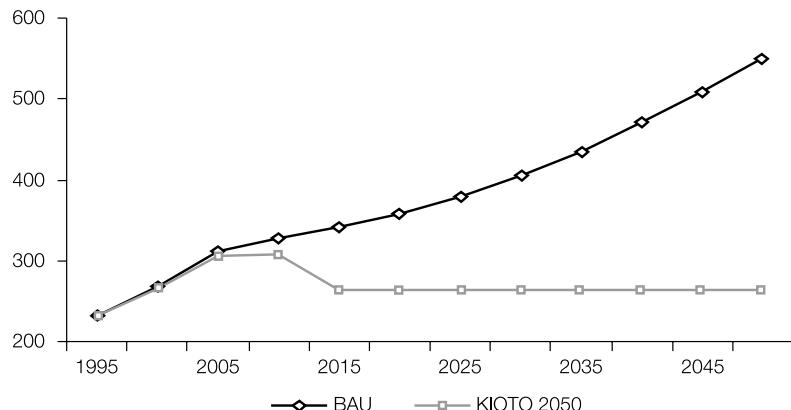


Fuente: Elaboración propia.

⁸ Mediante el uso de coeficientes medios las emisiones de combustión estimadas para el año base son 232 MtCO₂ mientras que las emisiones calculadas por las Cuentas Ambientales (INE 2002) para ese año son 248 MtCO₂. La diferencia (6%) es normal teniendo en cuenta las simplificaciones del método de cálculo.

Según estos parámetros, en el escenario BAU o «Business as Usual» (ver gráfico n.^o 4) las emisiones crecerán hasta alcanzar en el año 2050 las 550 millones de toneladas de CO₂. El otro escenario, el escenario

Gráfico n.º 4
Emisiones CO₂ escenario BAU y Kioto
 (Millones de toneladas de CO₂)



Fuente: Elaboración propia.

«Kioto 2050», es una extensión hasta el año 2050 de los actuales acuerdos adquiridos por España en el Protocolo de Kioto⁹. Este escenario supone reducir (y estabilizar) las emisiones para el periodo 2008-2012 de forma que éstas no superen un 15% las emisiones del año de referencia de 1990. El ritmo de reducción de emisiones hasta el año 2008-2012 esta basado en las previsiones presentadas por el primer Plan Nacional de Asignación de Emisiones del Ministerio del Medio Ambiente (PNA, 2004).

Por lo tanto, la política ambiental que analizamos es una reducción de las emisiones de CO₂ en España acorde con unos objetivos y plazos reales; éste será el dividendo ambiental. La política se implanta de una manera coste-efectiva, y para ello se

simula un mercado ideal de permisos de emisión que asegura el coste mínimo de cumplimiento, donde el gobierno asigna el número de permisos de emisión y los va reduciendo al ritmo que marcan los objetivos. Esto generará unos ingresos que son devueltos de forma que la presión fiscal se mantiene siempre constante; el beneficio (o coste) neto de esta reforma fiscal ambiental será el dividendo económico.

Por lo tanto, para analizar la hipótesis del DD es necesario tener en cuenta, por un lado, la introducción de la política ambiental, y por el otro, la forma en la que son reciclados los ingresos. Las posibilidades o escenarios de reciclaje de estos ingresos se recogen en el cuadro n.º 5. Dentro de las opciones existentes, se contempla la compensación vía transferencias, vía reducción de impuestos al trabajo, al capital y, por último, mediante una reducción de los impuestos al consumo.

⁹ Nótese que se no se están considerando emisiones de gases de efecto invernadero distintas al CO₂, aunque estos otros gases sí están incluidas en los compromisos del Protocolo de Kioto.

Cuadro n.^o 5

Escenarios de reciclaje de las recaudaciones ambientales

| | |
|----|--|
| RK | Compensación vía transferencias |
| RL | Compensación vía reducción de impuestos al trabajo |
| RC | Compensación vía reducción de impuestos al consumo |
| RK | Compensación vía reducción de impuestos al capital |

Fuente: Eurostat 2005.

4. RESULTADOS

Los resultados que analizaremos en este apartado se van a centrar en la relación entre los costes de mitigación del CO₂ y la hipótesis del DD. Para un análisis específico sobre los costes de mitigación en España véase González (2007).

Hipótesis del doble dividendo fuerte

El cuadro n.^o 6 recoge los resultados obtenidos en el año 2050 para cada uno de los escenarios de reforma fiscal propuestos. En todos los escenarios el objetivo o dividendo ambiental es idéntico ya que los resultados los obtenemos siempre comparando el escenario BAU con el escenario Kioto 2050; en el año 2050 el escenario Kioto 2050 supone una reducción del CO₂ del 45% con respecto al escenario BAU. Los ingresos de la política ambiental generados son devueltos de forma que, en todos los casos, el gasto público con respecto al escenario BAU no varíe.

El coste económico, en términos de utilidad total (variación equivalente hicksiana 1995-2050), supone una pérdida de un 0,35% para el escenario RT, de un 0,33%

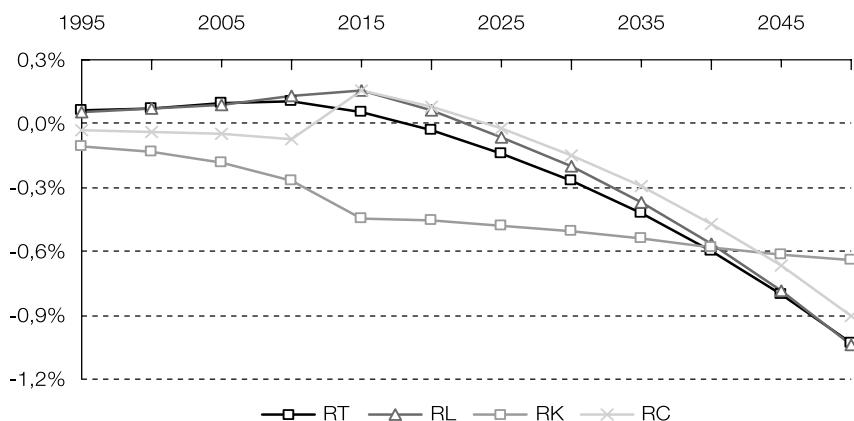
en el escenario RL, de un 0,32% en el escenario RC y de un 0,42% para el escenario RK. Estos resultados rechazan la hipótesis de un DD fuerte para los casos aquí planteados, siempre que tomemos la utilidad total como medida.

Durante los primeros períodos, y en algunos escenarios (RT y RL), observamos que la utilidad aumenta (gráfico n.^o 5). Este hecho podría inducirnos a pensar en la existencia de un DD fuerte. Sin embargo, estos resultados se deben a una preferencia de los agentes por consumir más en el presente y menos en el futuro (tasa de descuento positiva), siendo los costes finales en término de utilidad decrecientes y, finalmente, negativos.

Hipótesis del doble dividendo débil

Si analizamos el DD débil en los cuatro escenarios planteados, a través de la utilidad total, observamos (ver cuadro n.^o 6) que una reforma fiscal ambiental reduciendo los impuestos al trabajo (RL) y al consumo (RC) es menos costosa que devolver los nuevos ingresos a través de transferencias directas (RT). En este sentido, puede decirse que es posible una versión débil del DD. Sin embar-

Gráfico n.º 5
Evolución de la utilidad en cada escenario



Fuente: Elaboración propia.

go, también observamos que puede suceder lo contrario; una reducción de los impuestos al capital (RK) puede ser más costosa que la opción de las transferencias.

Si nos fijamos en la evolución de la utilidad en el escenario RT y RL, vemos que esta variable sigue una trayectoria parecida (ver gráfico n.º 5); inicialmente es positiva, aumenta los primeros períodos y disminuye una vez que las emisiones comienzan a ser controladas. El escenario RC es también similar a los anteriores; ya que aunque la utilidad es inicialmente negativa, termina disminuyendo a medida que se reducen las emisiones. En el escenario RK se observa, por el contrario, que la trayectoria es distinta. La utilidad en un inicio es negativa, disminuye progresivamente pero de forma más gradual y menos intensa a partir de 2012.

Para analizar el comportamiento de la variable utilidad en el escenario RK es necesario explorar la evolución de otras varia-

bles. El gráfico n.º 6 recoge la evolución del consumo, la inversión y el PIB en cada uno de estos cuatro escenarios.

Lo primero que observamos, es que en los escenarios RT, RL y RC los agentes anticipan la política, y reaccionan trasladando más consumo al presente, mientras que en el escenario RK, las reducciones al consumo se reparte de una forma más homogénea.

Un mayor consumo supone una menor inversión. Tal y como se observa en el gráfico n.º 6 la inversión aumenta constantemente en el escenario RK, mientras que disminuye en el resto de escenarios. El escenario RK muestra cómo una reducción de los impuestos sobre el capital estimula el ahorro y la inversión. Los peores resultados, en términos de utilidad, se explican por una mayor dedicación de recursos a la producción y al consumo intermedio, que hacen aumentar incluso el PIB (+0.62%) en 2050, y por una menor dedicación al consumo final.

Cuadro n.º 6

**Resultados escenarios reciclaje para el año 2050 escenario Kyoto 2050
respecto al escenario BAU**

| | RT | RL | RC | RK |
|---|--------|--------|--------|--------|
| <i>Macroeconomía (% variación cantidades)</i> | | | | |
| Utilidad Total (1995-2050) | -0,35 | -0,33 | -0,32 | -0,42 |
| Utilidad | -1,03 | -1,04 | -0,90 | -0,64 |
| PIB | -1,27 | -1,43 | -1,06 | 0,64 |
| Consumo Privado | -0,82 | -0,83 | -0,75 | -0,40 |
| Inversión | -2,46 | -3,02 | -1,96 | 3,48 |
| <i>Comercio internacional (% variación cantidades)</i> | | | | |
| Importaciones | -9,81 | -9,86 | -9,40 | -7,64 |
| Exportaciones | -9,94 | -9,99 | -9,53 | -7,75 |
| <i>Sectores (% variación cantidades)</i> | | | | |
| Producción sector Agricultura ¹ | -2,60 | -2,58 | -2,99 | -3,06 |
| Producción sector Industria | -3,72 | -4,01 | -3,34 | -0,96 |
| Producción sector Servicios | -0,91 | -0,99 | -0,84 | 0,43 |
| Consumo bienes Agricultura | -2,60 | -2,76 | -3,27 | -6,21 |
| Consumo bienes Industria | -1,34 | -1,27 | -1,10 | -2,54 |
| Consumo bienes Servicios | 0,16 | 0,15 | 0,13 | 1,40 |
| <i>Consumo energético² (% variación cantidades)</i> | | | | |
| Consumo energía Total | 23,26 | -23,33 | -23,05 | -23,60 |
| Consumo energía Productores | -30,19 | -30,31 | -30,27 | -30,22 |
| Consumo energía Consumidores | -10,75 | -10,71 | -10,01 | -11,63 |
| <i>Emisiones de efecto invernadero (% variación cantidades)</i> | | | | |
| Emisiones Totales | -45,43 | -45,43 | -45,43 | -45,43 |
| Precio Permisos (euro / ton. CO ₂ eq.) | 111,72 | 111,29 | 118,23 | 119,01 |
| <i>Precios (variación respecto precios índice 1995 = 1)</i> | | | | |
| Índice general de precios | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Precio del Capital | 0,98 | 0,99 | 1,01 | 1,00 |
| Precio del Trabajo | 0,97 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| Tasa de cambio | 1,04 | 1,04 | 1,07 | 1,04 |
| <i>Cierre del modelo (variación cantidades)</i> | | | | |
| Gasto Público | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Deficit Exterior | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

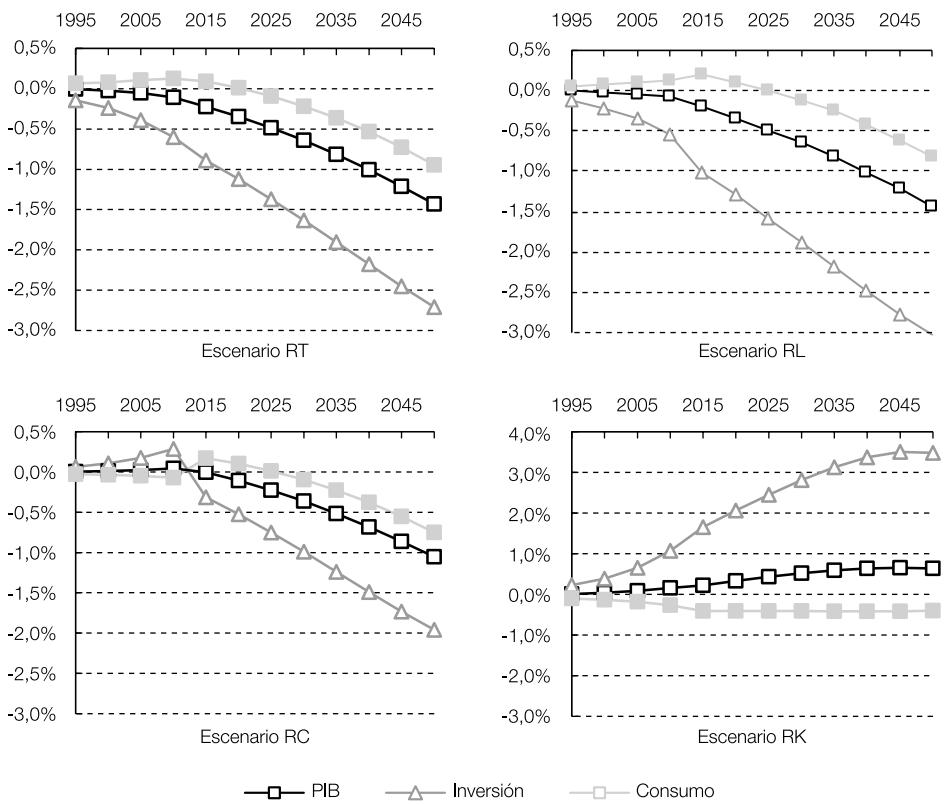
¹ Los 22 sectores están agrupados en tres: Agricultura (1), Industria (2 a 16) y Servicios (17 a 22).

² El consumo de Energía comprende el consumo de carbón, petróleo, gas natural electricidad.

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico n.º 6

Evolución PIB, inversión y consumo para los diferentes escenarios



Fuente: Elaboración propia.

Un mayor peso en la producción en el escenario RK hace que los niveles de capital acumulado aumenten, como muestra el gráfico n.º 7. Aunque la utilidad total es menor en este escenario, también es cierto que el nivel de stock en el último periodo es sensiblemente mayor que en el resto.

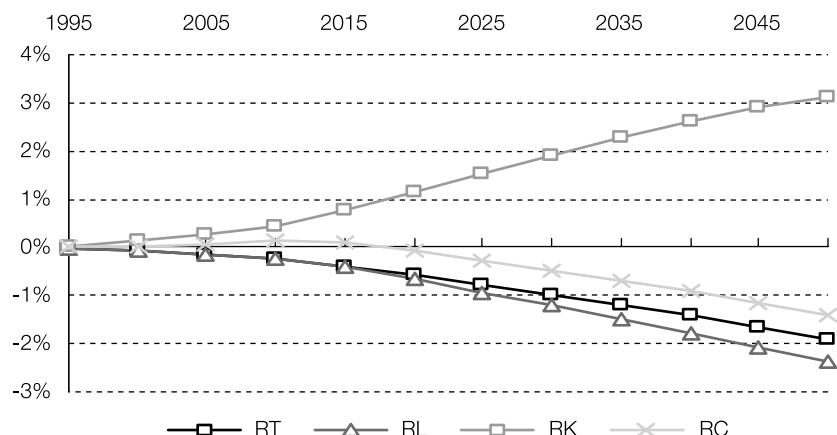
Por último, vamos a analizar los impactos sectoriales en cada escenario, ya que distintas formas de reciclar los impuestos, en principio, podrían incidir de forma variable. El gráfico n.º 8 recoge el impacto de las distin-

tas reformas fiscales en el nivel de actividad productiva de cada sector para el año 2050. El gráfico nos muestra cómo, en la mayoría de los casos, el efecto sectorial del reciclaje no es notable; la diferencia entre reducir unos impuestos u otros es pequeña, si la comparamos con el importante efecto que tiene sobre la actividad productiva la mitigación de emisiones (véase González, 2007)

Las diferencias más notables ocurren en el escenario RK y en sectores intensivos en inversión y capital como el sector Construc-

Gráfico n.^o 7

Variación del stock de capital para los diferentes escenarios



Fuente: Elaboración propia.

ción, Industria maquinaria o Extracción de otros minerales, que aumentan su producción respecto a otros escenarios al reducirse la presión sobre el factor capital. Los efectos indirectos e intersectoriales juegan un papel importante en este tipo de reformas y explican fenómenos como el experimentado por el sector transporte marítimo, que aumenta su producción. Aunque este sector sea intensivo en emisiones, lo es menos que sus sustitutos cercanos, el sector Transporte terrestre y Transporte aéreo. Esto origina que se canalice a través de este sector parte de la actividad del transporte necesaria para funcionamiento del sistema económico.

5. CONCLUSIONES

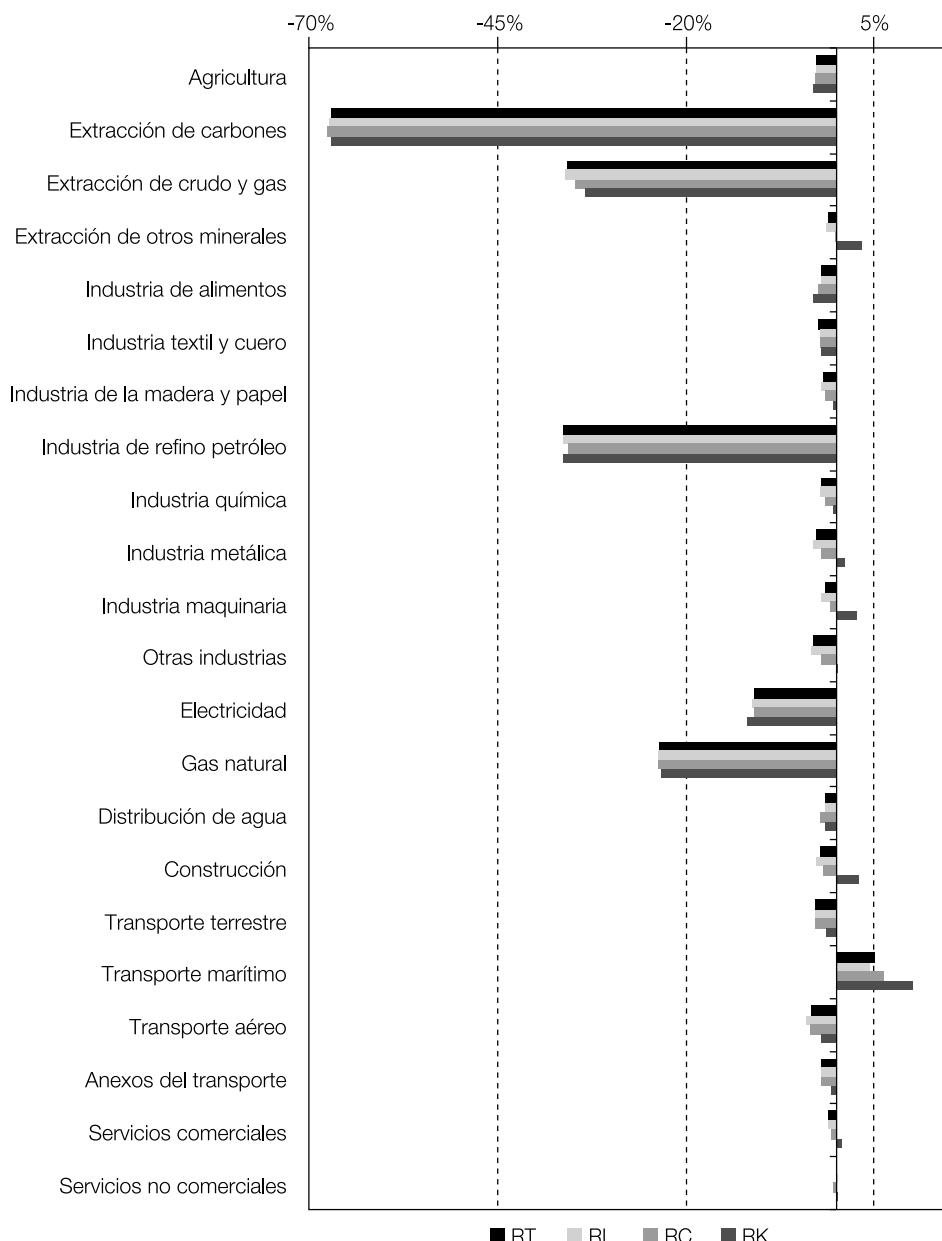
El análisis realizado nos permite rechazar la hipótesis del doble dividendo (DD) fuerte en el control del cambio climático en España. El coste económico de mitigar las emi-

siones, para las reformas fiscales investigadas y al nivel exigido por Kyoto, será positivo. Estos resultados están en línea de lo apuntado por la literatura; la mejora en términos de eficiencia que podemos conseguir mediante una reforma fiscal es inferior a los costes que supone controlar las emisiones. Esto no invalida en ningún caso la política de mitigación de emisiones, cuya misión principal es reducir los riesgos y los daños futuros del cambio climático, pero sí la idea de que existen alternativas (*«no regrets policies»*) que permiten reducir las emisiones y además obtener beneficios económicos.

Respecto a la existencia de un DD en su versión débil los resultados son más variados. La reducción de impuestos al trabajo (RL) y al consumo (RC) reducen los costes de mitigación frente a la opción de devolverlos vía transferencias directas (RT) (ver gráfico n.^o 9). Sin embargo, en el caso de la reducción de los impuestos al capital (RK) puede

Gráfico n.º 8

**Variación de la producción en 2050 según escenarios de reciclaje
respecto al escenario BAU**



Fuente: Elaboración propia.

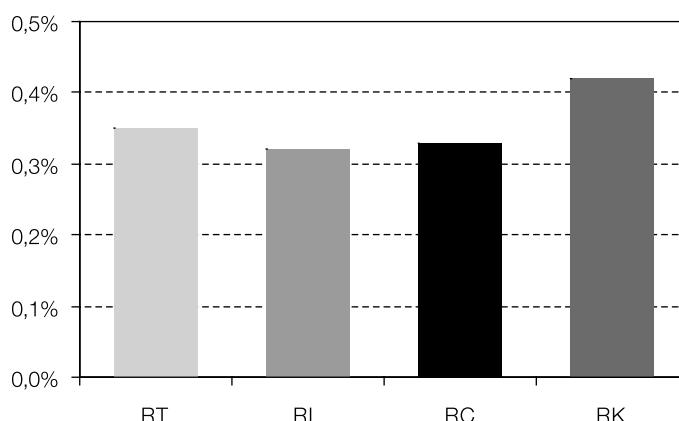
suceder lo contrario, es decir, podríamos elevar los costes. Estos resultados sirven para mostrar que la hipótesis del DD débil aunque es factible, no está garantizada y tiene que ser examinada para cada caso concreto.

Un aspecto destacable en la literatura es la falta de consenso respecto a cómo medir el DD (Partuelli *et al.*, 2005). Unos lo miden a través de la utilidad, otras mediante el consumo, el PIB o el empleo. A nuestro juicio, la mejor forma de analizar la eficiencia de cualquier política o reforma fiscal es mediante la utilidad (total), ya que ésta suele ser la variable objetivo a maximizar en los modelos económicos. En cualquier caso, es importante mostrar la evolución de todas las variables para no sesgar la interpretación (ver cuadro n.^o 6). Por ejemplo, el escenario RK podría ser interpretado como un caso de DD fuerte si sólo nos fijásemos en el PIB en 2050 (+0,64% respecto al escenario BAU);

sin embargo, es el escenario en donde más disminuye la utilidad total. Otro aspecto importante en un modelo dinámico es analizar el estado final de las variables. Por ejemplo, en el escenario RK el stock de capital acumulado en 2050 es mayor que en el resto de escenarios, y esto supone un beneficio para las generaciones futuras. Creemos que estos aspectos necesitan ser analizados en mayor detalle en futuras investigaciones.

Por último, este trabajo ratifica lo apuntado por otros estudios y señala que la reducción de los impuestos al trabajo es una de las mejores opciones existentes para una reforma fiscal ambiental en España. Esta alternativa puede ser, además, una forma útil de estimular la creación de empleo. Esperamos que ésta y otras investigaciones sirvan para avanzar en el control del cambio climático y para que la mitigación de las emisiones en España sea realice de la mejor manera posible.

Gráfico n.^o 9
Pérdida de utilidad total para los diferentes escenarios de reciclaje respecto al escenario BAU. 1995-2050



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro n.º 1

SAM Energética para España. 1995
(millones de euros)

| | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 | Y8 | Y9 | Y10 | Y11 | Y12 | Y13 | Y14 |
|---------|---------|-------|-----|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|------|
| Y1 | 26.758 | 0 | 0 | -19.243 | -579 | -291 | 0 | -145 | -3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Y2 | 0 | 1.542 | 0 | -3 | -2 | 0 | -1 | -4 | -24 | -132 | -4 | -47 | -780 | 0 |
| Y3 | 0 | 0 | 130 | 0 | 0 | 0 | 0 | -4.773 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -67 |
| Y4 | 0 | 0 | 0 | 1.782 | 0 | -5 | 0 | 0 | 0 | -837 | 0 | -976 | 0 | 0 |
| Y5 | -4.671 | 0 | 0 | 46.260 | -415 | -37 | 0 | -206 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Y6 | -70 | -2 | 0 | -162 | 12.554 | -70 | 0 | -404 | -100 | -255 | -358 | -1.401 | 0 | 0 |
| Y7 | -149 | -31 | 0 | -14 | -1.409 | -248 | 13.858 | -28 | -1.040 | -100 | 0 | -689 | 0 | 0 |
| Y8 | -387 | -6 | -4 | -175 | -37 | -92 | 7.563 | -477 | -390 | -62 | -1.756 | -179 | -22 | 0 |
| Y9 | -1.504 | -55 | -4 | -116 | -1.897 | -1.681 | -807 | 0 | 21.065 | -1.374 | -1.072 | -3.808 | 0 | 0 |
| Y10 | -582 | 0 | 0 | -74 | -747 | -159 | -360 | -65 | -628 | 22.913 | -5.187 | -6.320 | -339 | 0 |
| Y11 | -229 | -47 | -4 | -92 | -142 | -298 | -486 | -101 | -1.023 | -1.791 | 31.104 | -2.583 | 0 | 0 |
| Y12 | -113 | -9 | 0 | -25 | -678 | -16 | -81 | -9 | -215 | -656 | -273 | 48.981 | 0 | -1 |
| Y13 | -323 | -4 | -2 | -43 | -406 | -217 | -301 | -174 | -588 | -660 | -413 | -794 | 11.335 | -15 |
| Y14 | -2 | -7 | -2 | -4 | -83 | -49 | -97 | -26 | -250 | -155 | -49 | -277 | -239 | 861 |
| Y15 | -341 | 0 | 0 | -10 | -140 | -31 | -17 | 0 | -65 | -45 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| Y16 | -124 | -16 | 0 | -25 | -83 | -44 | -124 | -44 | -109 | -161 | -119 | 0 | 0 | 0 |
| Y17 | -542 | -40 | -1 | -159 | -2.058 | -396 | -846 | 0 | -1.030 | -1.228 | -465 | -1.919 | 0 | 0 |
| Y18 | -13 | -2 | -1 | -1 | -72 | -23 | -22 | -6 | -48 | -42 | -28 | -55 | 0 | 0 |
| Y19 | -4 | -2 | 0 | -2 | -83 | -34 | 0 | -133 | -71 | -130 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| Y20 | -396 | -35 | 0 | -9 | -826 | -236 | -472 | -121 | -557 | -744 | -532 | -710 | 0 | 0 |
| Y21 | 0 | -63 | 0 | -168 | -4.678 | -1.816 | -2.254 | -113 | -3.672 | -2.927 | -2.806 | -4.459 | -681 | 0 |
| Y22 | 0 | -3 | 0 | 0 | 0 | -24 | -72 | -56 | -68 | 0 | -108 | -321 | -513 | 0 |
| K | -15.519 | -419 | -99 | -584 | -6.114 | -1.669 | -2.882 | -1.494 | -3.719 | -3.635 | -2.873 | -5.881 | -7.871 | -671 |
| L | -2.284 | -571 | -6 | -322 | -6.643 | -3.562 | -3.486 | -295 | -4.634 | -6.258 | -14.583 | -14.003 | -1.134 | -60 |
| Taxk | 850 | 11 | -4 | -25 | 946 | -94 | -78 | -119 | -598 | -15 | -210 | -297 | 227 | -7 |
| Taxl | -355 | -241 | -2 | -102 | -1.541 | -873 | -998 | -123 | -1.500 | -1.326 | -1.619 | -2.493 | -339 | -16 |
| Taxc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Taxis | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ahorro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Balance | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

.../...

Cuadro n.º 1 (continuación)

SAM Energética para España. 1995
 (millones de euros)

| | Y15 | Y16 | Y17 | Y18 | Y19 | Y20 | Y21 | Y22 | Import | Export | Privado | Gobierno | Inversión | Total | |
|---------|-------|---------|--------|-------|-------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|----------|-----------|-------|---|
| Y1 | -1 | -182 | 0 | -4 | 0 | 0 | -1.159 | -142 | 5.563 | -5.973 | -4.358 | 0 | -241 | 0 | |
| Y2 | 0 | -3 | 0 | 0 | 0 | 0 | -4 | -5 | 213 | -706 | -40 | 0 | 0 | 0 | |
| Y3 | 0 | -1 | -85 | 0 | 0 | 0 | -5 | 0 | 0 | 4.809 | -8 | 0 | 0 | 0 | |
| Y4 | 0 | -575 | 0 | 0 | 0 | 0 | -8 | -15 | 971 | -319 | -18 | 0 | 0 | 0 | |
| Y5 | 0 | 0 | -29 | 0 | 0 | -13.439 | -456 | 6.481 | -6.050 | -27.438 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Y6 | -8 | -51 | -9 | -9 | -17 | -23 | -653 | -386 | 4.694 | -4.781 | -9.684 | 0 | -129 | 0 | |
| Y7 | -28 | -1.562 | -43 | -3 | -17 | -305 | -3.573 | -1.107 | 4.056 | -2.877 | -3.415 | 0 | -51 | 0 | |
| Y8 | -11 | -11 | -92 | -353 | -96 | -122 | -30 | -152 | -53 | 1.715 | -1.787 | -2.991 | 0 | 0 | 0 |
| Y9 | -104 | -1.972 | -62 | -7 | -1 | -248 | -1.677 | -2.466 | 13.493 | -10.081 | -2.935 | -2.612 | -75 | 0 | |
| Y10 | -46 | -5.330 | -21 | 0 | -3 | -131 | -408 | -175 | 7.611 | -6.739 | -41 | 0 | -3.169 | 0 | |
| Y11 | -63 | -2.945 | -77 | -3 | -9 | -242 | -1.370 | -1.832 | 19.000 | -11.811 | -3.744 | -69 | -21.143 | 0 | |
| Y12 | -22 | -9.275 | -701 | -117 | -57 | -248 | -3.083 | -941 | 16.584 | -25.791 | -10.236 | -23 | -12.995 | 0 | |
| Y13 | -199 | -218 | -261 | -4 | -5 | -174 | -1.583 | -771 | 130 | -23 | -4.287 | 0 | 0 | 0 | |
| Y14 | -1 | -1 | -3 | -1 | -1 | -3 | -34 | -19 | 855 | 0 | -413 | 0 | 0 | 0 | |
| Y15 | 2.457 | -14 | -8 | 0 | 0 | -10 | -469 | -210 | 0 | 0 | -1.096 | 0 | 0 | 0 | |
| Y16 | -82 | 100.059 | -152 | -8 | -14 | -108 | -8.408 | -1.353 | 1 | -11 | -8.186 | 0 | -80.889 | 0 | |
| Y17 | -10 | -1.438 | 21.818 | -16 | -53 | -882 | -2.567 | -489 | 189 | -2.001 | -5.394 | -206 | -267 | 0 | |
| Y18 | -8 | -17 | -19 | 1.583 | -1 | -17 | -103 | -32 | 21 | -926 | -139 | -14 | -15 | 0 | |
| Y19 | -4 | -96 | -5 | 0 | 3.320 | -350 | -619 | -180 | 998 | -1.863 | -646 | -95 | 0 | 0 | |
| Y20 | -50 | -546 | -1.160 | -417 | -923 | 20.395 | -5.098 | -1.314 | 1.502 | -1.934 | -5.752 | -71 | 0 | 0 | |
| Y21 | -247 | -8.794 | -2.988 | -101 | -417 | -2.049 | 219.791 | -6.429 | 7.128 | -11.010 | -145.537 | -4.117 | -21.593 | 0 | |
| Y22 | -20 | -165 | -39 | 0 | -6 | -235 | -790 | 91.005 | 109 | -126 | -13.888 | -74.680 | 0 | 0 | |
| K | -617 | -11.181 | -7.909 | -78 | -469 | -8.494 | -87.231 | -12.501 | 0 | 0 | 181.910 | 0 | 0 | 0 | |
| L | -764 | -50.667 | -5.348 | -571 | -930 | -4.992 | -68.851 | -44.308 | 0 | 0 | 234.272 | 0 | 0 | 0 | |
| Taxk | 2 | -1.132 | -1.085 | -2 | -6 | -231 | -6.109 | -2.783 | 0 | 0 | 0 | 10.759 | 0 | 0 | |
| Taxl | -174 | -3.802 | -1.490 | -117 | -269 | -1.618 | -12.409 | -13.038 | 0 | 0 | 0 | 44.445 | 0 | 0 | |
| Taxc | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -23.123 | 23.123 | 0 | 0 | |
| Taxis | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3.560 | 3.560 | 0 | 0 | |
| Ahorro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -140.567 | 0 | 140.567 | 0 | |
| Balance | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro n.º 2

Producción, consumo y emisiones en España. 1995

| | Códigos Tabla Input-Output Sísmetrica 1995 (TIOS) | Producción (M€) | | Consumo Final (M€) | | Emisiones CO ₂ (KtCO ₂ equiv.) | |
|-------|---|--------------------|---------|-----------------------|---------|---|---------|
| | | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) |
| Y1 | Agricultura, ganadería y pesca 1,2,3 | 26.758 | (3,8%) | 4.358 | (1,7%) | 12.727 | (5,5%) |
| Y2 | Extracción carbón 4 | 1.542 | (0,2%) | 40 | (0,0%) | 315 | (0,1%) |
| Y3 | Extracción crudo y gas 5 | 130 | (0,0%) | 0 | (0,0%) | 165 | (0,1%) |
| Y4 | Extracción otros minerales 6,7 | 1.782 | (0,3%) | 18 | (0,0%) | 364 | (0,2%) |
| Y5 | Industria alimentación 12,13,14,15,16 | 46.260 | (6,5%) | 27.438 | (11,0%) | 5.602 | (2,4%) |
| Y6 | Industria textil 17,18,19 | 12.554 | (1,8%) | 9.684 | (3,9%) | 1.683 | (0,7%) |
| Y7 | Industria madera y papel 20-22 | 13.858 | (2,0%) | 3.415 | (1,4%) | 3.828 | (1,6%) |
| Y8 | Industria refino petróleo 8 | 7.563 | (1,1%) | 2.991 | (1,2%) | 655 | (0,3%) |
| Y9 | Industria química 23,24 | 21.065 | (3,0%) | 2.935 | (1,2%) | 16.089 | (6,9%) |
| Y10 | Industria metálica 29-30 | 22.913 | (3,2%) | 41 | (0,0%) | 19.104 | (8,2%) |
| Y11 | Industria maquinaria 31-35 | 31.104 | (4,4%) | 3.744 | (1,5%) | 2.494 | (1,1%) |
| Y12 | Otras industrias 25-28, 36-38 | 48.981 | (6,9%) | 10.236 | (4,1%) | 48.487 | (20,9%) |
| Y13 | Electricidad 9 | 11.335 | (1,6%) | 4.287 | (1,7%) | 52.732 | (22,7%) |
| Y14 | Gas natural 10 | 861 | (0,1%) | 413 | (0,2%) | 722 | (0,3%) |
| Y15 | Distribución agua 11 | 2.457 | (0,3%) | 1.096 | (0,4%) | 378 | (0,2%) |
| Y16 | Construcción 40 | 100.059 | (14,1%) | 8.186 | (3,3%) | 3.199 | (1,4%) |
| Y17 | Transporte terrestre 45,46 | 21.818 | (3,1%) | 5.394 | (2,2%) | 14.079 | (6,1%) |
| Y18 | Transporte marítimo 47 | 1.583 | (0,2%) | 139 | (0,1%) | 716 | (0,3%) |
| Y19 | Transporte aéreo 48 | 3.320 | (0,5%) | 646 | (0,3%) | 4.019 | (1,7%) |
| Y20 | Anexos del Transporte 49, 50 | 20.395 | (2,9%) | 5.752 | (2,3%) | 1.035 | (0,4%) |
| Y21 | Servicios comerciales 41-44, 51-56, 58, 62-63, 68-71 | 219.791 | (31,1%) | 145.537 | (58,2%) | 5.780 | (2,5%) |
| Y22 | Servicios no comerciales 39,57,59-61,64-67 | 91.005 | (12,9%) | 13.888 | (5,5%) | 2.334 | (1,0%) |
| - | Hogares | - | - | - | - | 35.678 | (15,4%) |
| Total | | 707.134 | (10%) | 250.238 | (10%) | 232.181 | (10%) |

Fuente: Elaboración propia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMINGTON, P. (1969): «A theory of demand for products distinguished by place of production». IMF Staff papers, 16: 158-178.
- BABIKER, M., METCALF, G. Y REILLY, J. (2003): «Tax distortions and global climate policy» Journal of Environmental Economics and Management, 46(2): 269-287.
- BABIKER, M.; MAYER M.; WIENG I. Y HYMAN, R. (2001): «The MIT emissions prediction and policy analysis (EPPA) model 71». Global Change Joint Program, MIT, Cambridge.
- BYE, B. (2000): «Environmental tax reform and producer foresight: An intertemporal computable general equilibrium analysis». Journal of Policy Modeling, 22(6), 719-752.
- BOSQUET, B. (2000): «Environmental tax reform: does it work? A survey of the empirical evidence». Ecological Economics, 34, 19– 32.
- BOVENBERG, A.L. Y GOULDER, L.H. (1996): «Optimal environmental taxation in the presence of other taxes: general equilibrium analyses». American Economic Review, 86(4): 985–1000.
- BOVENBERG, A.L. (1996): «Green tax reforms and the double dividend: an updated reader's guide». International Tax Public Finance, 6: 421–443.
- CARRARO, C.; GALEOTTI, M. Y GALLO, M. (1996): «Environmental taxation and unemployment: some evidence on the double dividend hypothesis in Europe». Journal of Public Economics.
- DELLINK, R.B (2005): «Modelling the costs of environmental policy: a dynamic applied general equilibrium assessment». Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- EUROSTAT, (2005): «Energy and environment statistics». European Statistic Office, Luxemburgo.
- GAGO, A.; LABANDEIRA, X. Y RODRÍGUEZ, M. (2004): «Evidencia empírica internacional sobre los dividendos de la imposición ambiental». Buñuel, M.(Ed) Fiscalidad Ambiental, Civitas, Madrid.
- GÓMEZ, A.; KVERNDOKK, S. Y FAEHN, T. (2004): «Can carbon permit system reduce Spanish unemployment?». Discussion paper, 410, Statistics Norway, Oslo.
- GONZÁLEZ, M. (2007): «Impacto económico del control del cambio climático en España». Estudios de la Fundación, 25, FUNCAS, Madrid.
- GOULDER, L.H. (1995): «Environmental Taxation and the 'Double Dividend': A Reader's Guide». International Tax and Public Finance 2:157-83.
- (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.
- GRUBB, M., EDMONDS, J., BRINK, P. Y MORRISON, M. (1993): «The cost of limiting fossil-fuel CO₂ emissions: A survey and analysis». Annual Reviews, 18, 397-478.
- HOLMLUND, B.Y KOLM, A.S. (2000): «Environmental tax reform in a small open economy with structural unemployment». International Tax and Public Finance, 7(3): 315-333.
- INE, (2002): «Estadísticas de Medio Ambiente». Cuentas Ambientales, Instituto Nacional de Estadística, Madrid.
- LAU, M. I.; PAHLKE, A. Y RUTHERFORD, T. F. (2002): «Approximating infinite-horizon models in a complementarity format: A primer in dynamic general equilibrium analysis», Journal of Economic Dynamics & Control, 26(4): 577-609.
- LABANDEIRA, X.; LABEAGA, J. Y RODRIGUEZ, M. (2004): «New analytical approach for integrating micro and macro-economic models to simulate energy policies». DT, Universidad de Vigo.
- MANRESA A.Y SANCHO, F. (2005): «Implementing a double dividend: recycling ecotaxes towards lower labor taxes». Energy Policy, 33(12): 1577-1585.
- OATES, W.E. (1995): «Green taxes: can we protect the environment and improve the tax system at the same time?». Southern Economic Journal, 61(4): 914–922.
- PATUELLI, R.; NIJKAMP, P. Y PEELS, E. (2005): «Environmental tax reform and the double dividend: A meta-analytical performance assessment». Ecological Economics, 55: 564-583.

- PEARCE, D. (1991): «The role of carbon taxes in adjusting to global warming». *The Economic Journal*, 101: 938–948.
- PNA (2004): «Plan nacional de asignación de derechos de emisión 2005-2007» (BOE 216; 7 septiembre). Ministerio del Medio Ambiente, Madrid.
- SHOVEN, J. Y WHALLEY, J. (1992): «Applying General Equilibrium». Cambridge University Press, Cambridge.