

Revista de Economía Crítica

Nº 4

Editada por la Asociación Cultural "Economía Crítica"

ISSN: 1696-0866

Valladolid, julio 2005

PROTOCOLO DE KYOTO

El protocolo de Kyoto:
la importancia y
limitaciones de un tímido
acuerdo (pp. 5-16).....Jordi Roca Jusmet

Análisis de las emisiones
de CO₂ y sus factores explicativos
en las diferentes áreas
del mundo (pp. 17-37).....Vicent Alcántara Escolano
y Emilio Padilla Rosa

La directiva sobre el mercado
de derechos de emisión
en la UE y sus efectos sobre
los sectores productivos
españoles (pp. 39-65).....Pablo del Río González

Modelos de transporte y
emisiones de CO₂
en España (pp. 67-87)Antonio Estevan

Emisiones de gases de
efecto invernadero y
estructuras de consumo
en España (pp. 89-114).....Mónica Serrano

ARTÍCULOS

Las ganancias del comercio
y el intercambio desigual
en los modelos del comercio
internacional (pp. 115-140).....Francisco Martínez Soler
y Andrei Martínez Finkelshtein

intervenciones breves

Nota introductoria de Francisco
Fernández Buøy (pp. 143-146)

¿Por qué el socialismo?
(pp. 147-152).....Albert Einstein

reseña de libros

PROTOCOLO DE KYOTO- ARTÍCULOS

EL PROTOCOLO DE KYOTO: LA IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE UN TÍMIDO ACUERDO¹

Jordi Roca Jusmet*

Fecha de recepción: 4 de abril de 2005

Fecha de aceptación y versión final: 12 de octubre de 2005

Resumen: En este artículo introductorio se analizan las dificultades para llegar a acuerdos internacionales efectivos para controlar las emisiones de gases de efecto invernadero. Se sitúa la importancia que, a pesar de sus limitaciones, tiene el protocolo de Kyoto, el papel que en dicho protocolo tienen los llamados mecanismos de flexibilización y el compromiso específico de la Unión Europea. Finalmente, se plantea cuál es la difícil posición española en relación a su compromiso internacional y, en particular, frente a la aplicación de la directiva europea de comercio de emisiones.

Palabras clave: cambio climático; protocolo de Kyoto; economía española.

Abstract: In this introductory article I analyse the great difficulties in order to achieve effective international agreements for controlling greenhouse emissions and the importance of the Kyoto Protocol, in spite of its great limitations. I analyse the role of the so-called "flexibility mechanisms" of the Protocol and the specific commitment of the European Union. Lastly, I deal with the difficult situation of Spain in relation to its international commitment and, especially, facing the implementation of the European emissions trading directive.

Key words: climate change; Kyoto protocol; Spanish economy.

*Universidad de Barcelona

¹ Agradezco a Pablo del Río y Emilio Padilla sus comentarios a una primera versión de este artículo.

1. Introducción: las dificultades para un acuerdo global frente al cambio climático

Los potenciales cambios sobre el clima del aumento de concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera fueron señalados ya a finales del siglo XIX por Arrhenius (Howarth, 2003). El hecho de que la actividad humana haya cambiado de forma significativa la composición de la atmósfera es uno de los indicadores de en qué medida se ha pasado, para emplear la metáfora de Daly, de un mundo relativamente "vacío" a un mundo "lleno" de actividad humana (Daly, 1999): mucha más población y sobre todo un mucho mayor uso de recursos per cápita han llevado a una creciente ocupación del limitado "espacio ambiental".

En el caso del cambio climático, el principal factor explicativo es el uso masivo de combustibles fósiles que acompañó –y acompaña– a los procesos de industrialización y a la expansión del coche. Una consecuencia de la rápida e irreversible dispersión de energía acumulada en procesos geológicos ha sido el vertido de CO₂ en una magnitud tal que ha provocado que su concentración en la atmósfera haya pasado de un nivel de unas 280 partes por millón en volumen en la etapa preindustrial a un nivel actual de unas 370 partes por millón y con una tendencia tal al aumento que algunos modelos han considerado en sus escenarios "sin intervención" una tendencia a que la concentración como mínimo se doble respecto al nivel preindustrial durante el presente siglo (la pérdida de superficie forestal a nivel global también tiene un papel relevante en este aumento).

La acumulación de evidencia científica respecto a los muy probables efectos negativos del cambio ha sido mucho más reciente y aún mucho más tardía ha sido la actuación política. Los obstáculos para dicha actuación son diversos. El primero es el propio carácter global del problema. Incluso si existiese total consenso (que no existe) sobre que los costes de la actuación son inferiores a los beneficios, todos los gobiernos pueden estar tentados a no adherirse o a no respetar los acuerdos buscando beneficiarse de las actuaciones de los otros pero sin afrontar los costes.

Las propias incertidumbres asociadas a un fenómeno nuevo han servido de argumentos a favor de la inacción a la espera de un mayor conocimiento científico, aunque más bien deben utilizarse –como ciertamente también se ha hecho– como argumentos a favor de la prevención, de la aplicación del principio de precaución, una concreción del cual es la idea de minimizar el posible arrepentimiento futuro. La historia demuestra que han existido muchos casos de advertencias sobre problemas ambientales o de salud pública que fueron ignoradas por los poderes públicos mientras que es difícil documentar ejemplos en sentido contrario, es decir, de actuaciones costosas que después resultaron inútiles al demostrarse que respondían a una alarma injustificada. La Agencia Europea del Medio Ambiente tuvo que seleccionar catorce casos entre muchos otros candidatos de "falsos negativos" en su informe *Late Lessons from Early Warnings* (European Environment Agency, 2000) mientras que en su prólogo explica que tuvo que

renunciar a la intención inicial de incluir casos de "falsos positivos" por no encontrar ejemplos suficientemente documentados. El riesgo cero no existe y "un exceso de cautela puede significar oportunidades perdidas" pero "en los últimos decenios las sociedades industrializadas se han equivocado tanto por el lado de la imprudencia que no sería demasiado grave algún error por el lado del exceso de precaución" (Riechmann, 2002, p. 37)

Por otro lado, el problema del cambio climático es, como muchos otros problemas ambientales, un caso en el cual la mayor parte de los efectos de las presiones actuales se producen en el futuro. Cuando los esfuerzos actuales se ven recompensados por lo que sucederá más allá de las vidas de muchos de los implicados en dichos esfuerzos y, sin duda, después de la siguiente contienda electoral, la acción es más improbable. El compromiso con la idea de la "sostenibilidad" –con toda la ambigüedad que tiene el término- busca superar dicha dificultad, mientras que la práctica habitual de "descontar el futuro" en el análisis coste-beneficio puede legitimar la discriminación de las generaciones futuras (Martínez Alier y Roca Jusmet, 2001, cap. IV)

Por último, otra gran dificultad –quizás la mayor- para afrontar el problema es la de los conflictos distributivos que cualquier política frente a este problema global plantea. Los países no son en absoluto iguales respecto a su responsabilidad en el problema. Las emisiones actuales –y, aún más, las históricas- per cápita son extremadamente desiguales; en el caso de las emisiones de CO₂ debidas al uso de combustibles fósiles –el gas y actividad más relevantes- oscilan entre 19,7 y 0,9 toneladas por persona y año en los Estados Unidos y en el continente africano respectivamente con una media mundial de 3,9 toneladas año (datos del 2002: International Energy Agency (2004); como analizan Alcántara y Padilla en su artículo, las diferencias son explicables por diversos factores pero el más importante es el de los muy diferentes niveles de renta per cápita. Los costes serán también desiguales dependiendo de la localización geográfica pero en general puede preverse que las poblaciones más pobres serán más vulnerables frente a los problemas al disponer de infraestructuras más precarias y de menos recursos (económicos, sanitarios, organizativos,...) para hacerles frente.

Esta desigualdad justifica desconfiar del análisis en términos exclusivamente de "eficiencia" aplicado al problema del cambio climático. Para la teoría económica el término política eficiente puede tener dos sentidos. El primero, más estricto, es el paretiano: la política no debería perjudicar a nadie y beneficiar a alguien; en el caso del cambio climático, y analizándolo en términos de países, implicaría que si conviniese concentrar la reducción de las emisiones en los países ricos quizás los países pobres deberían pagar a los ricos para que tuviesen beneficios netos (!). Pero en el análisis de proyectos y políticas, la definición de eficiencia suele ser menos estricta. Se trata de lo que se conoce como "criterio de Hicks-Kaldor" de la compensación potencial que se aplica en el llamado análisis coste-beneficio: no todo el mundo debe ganar pero los ganadores deberían poder compensar a los perdedores. Como señala Azar "en muchos casos, este es un criterio razonable como cuando los beneficios y los costes son ampliamente distri-

buidos entre una población en la que la distribución del ingreso no está demasiado sesgada y cuando es generalmente aceptado que los beneficios y costes pueden ser comparados según la misma vara de medida. En otros casos, el criterio es mucho más controvertido" (Azar, 2000, p. 234). El ejemplo que utiliza es el de un programa de reducción de emisiones que costase en EEUU un 1% de su PIB y supiésemos que salvaría 100.000 vidas en Bangladesh; los afectados sin duda no podrían —ni potencialmente— pagar los costes del programa y si en vez de esto comparamos el 1% del PIB de los EEUU con los valores habituales de la "vida estadística" de una población pobre también resultaría sin duda un programa ineficiente con muchísimos más costes que beneficios. Como el mismo autor señala, una línea de justificación habitual y aparentemente más razonable sería que "ese 1% del PIB de los EEUU que costaría la reducción de emisiones podría ser usado para salvar más vidas si se utilizase en programas de saneamiento de aguas, campañas de vacunación, etc." (Azar, 2000, p. 234); el argumento podría convencer si se tratase de decidir cómo gastar de la mejor forma disponible una suma fija de dinero pero la cuestión es que la renuncia —con la justificación que sea— a afrontar medidas reductoras de las emisiones de gases invernadero no garantiza —ni siquiera aumenta las posibilidades— de que los países ricos dediquen más recursos a afrontar los dramáticos problemas de los países pobres. Además, podríamos pensar que los costes de la reducción de emisiones están sobrevalorados y, sobre todo, argumentar que en cualquier caso las economías ricas —y la economía mundial— tendrán que hacer en pocas décadas la transición energética desde el petróleo a otras fuentes energéticas y que cuanto antes se inicie y acelere la transición mejor, no sólo por cuestiones ambientales sino también económicas y políticas. No es seguro que ya podamos hablar definitivamente del "fin del petróleo barato" (Campbell, y Laherrère, 1998) pero sí de que el actual crecimiento de la demanda no puede durar mucho tiempo.

2. El protocolo de Kyoto, sus "mecanismos de flexibilización" y la directiva europea de comercio de emisiones

Dos han sido hasta el momento los grandes momentos de la política internacional frente al cambio climático. El primero es el convenio firmado en 1992 en el marco de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, después ratificado por 188 países, que estableció el compromiso genérico de actuar bajo el principio de las "responsabilidades comunes pero diferenciadas". El segundo momento importante es la firma del Protocolo de Kyoto a finales de 1997 que, por primera vez, establece compromisos cuantitativos para los países conocidos como del Anexo 1, es decir, la inmensa mayoría de los países de la OCDE y del antiguo bloque de la Unión Soviética. En concreto, estos países deberían en conjunto reducir el promedio de emisiones de gases de efecto invernadero del 2008-2012 en algo más del 5% respecto a sus niveles de 1990 con compromisos que oscilaban entre la reducción del 8% de la Unión Europea y la estabilización (como en el caso destacable de Rusia) o incluso un pequeño aumento en algún caso. El

compromiso no se refiere sólo al CO₂ sino al conjunto de 6 gases cuyas emisiones son agregadas en toneladas de CO₂ equivalente teniendo en cuenta su potencial contribución al efecto invernadero; además, se consideran no las emisiones brutas sino las "emisiones netas", es decir, se permite que, cuando aumenta la superficie forestal, cierta cantidad de carbono absorbida en su papel de sumidero sea descontada de las emisiones brutas. Los gases considerados son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). Para los tres últimos gases se permite considerar 1995 como año base. En cambio, no se incluyen los CFC por estar ya regulados por otro acuerdo internacional (el Protocolo de Montreal de 1987 sobre gases que afectan a la capa de ozono).

A pesar de su importancia como primer acuerdo que incluye un compromiso cuantitativo, dos son las principales limitaciones del Protocolo. Primero, el compromiso es muy tímido en relación a la drástica disminución de emisiones que recomiendan la inmensa mayoría de expertos del tema (aunque algunos destacados economistas disienten y consideran que lo "óptimo" sería una muy leve disminución). Segundo, el compromiso tiene un carácter parcial. La negativa de los países pobres a asumir costes es comprensible. Hace ya más de una década, antes de la cumbre de la Tierra de Río, Agarwal y Narain, del Centre for Science and Environment (CSE) de la India, denunciaban la pretensión de exigir que los países pobres asuman un coste –que podía significar renunciar a emisiones de "supervivencia", por ejemplo emisiones de metano ligadas a los cultivos de arroz, y no emisiones de lujo como son la mayoría de las de los países ricos. Su escrito consideraba tal pretensión como un caso de "colonialismo ambiental". Sin embargo, estos autores reconocían la necesidad de que los países pobres también tuviesen incentivos para reducir sus emisiones. Un sistema de permisos comercializables justo podía resolver el dilema: "En todas las economías de mercado del mundo, los economistas del control de la contaminación hablan ahora del concepto de cuotas de emisión comercializables las cuales permiten que aquellos que tienen un bajo nivel de contaminación vendan sus emisiones permitidas no utilizadas a los que tienen un elevado nivel de contaminación. En conjunto, este sistema lleva a una mejora económica ya que proporciona un incentivo económico a los que contaminan poco para mantener bajos sus niveles de emisión y un desincentivo económico para que los que tienen emisiones elevadas las reduzcan. Esperar que todos se adhieran a un límite de contaminación estándar no provee ningún incentivo para que los que contaminan poco mantengan bajos sus niveles de contaminación. En otras palabras, lo que el mundo necesita es un sistema que estimule a un país como la India a mantener sus emisiones tan bajas como sea posible y presione a un país como los Estados Unidos a reducir rápidamente sus emisiones. El CSE cree que debería introducirse un sistema global de permisos comercializables para controlar las emisiones globales de gases de efecto invernadero. A todos los países debería dárseles cuotas comercializables en proporción a su peso dentro de la población mundial" (Agarwal y Narain, 1992, p. 19-20). Es importante destacar que, en un sistema de derechos comercializables, el mer-

cado no determina el total de emisiones (como sería en una hipotética, aunque imposible en este caso, "negociación coasiana": Coase (1960)) sino únicamente su distribución entre focos emisores.

Propuestas como la de Agarwal y Narain no han tenido de momento ninguna viabilidad política, pero el reto –después del convenio de declaración de intenciones de 1992 y del parcial compromiso cuantitativo de 1997- es conseguir un acuerdo cuantitativo realmente global que sea lo suficientemente equitativo: éste sería el tercer gran momento de la política internacional sobre el tema. La vía más clara y sencilla sería ciertamente la repartición igualitaria de derechos de emisión en función del peso demográfico (en algún año de referencia, quizás actualizable) posibilitando después la negociación con estos derechos. Una propuesta más modesta sería avanzar progresivamente hacia dicha distribución per capita igualitaria admitiendo transitoriamente desiguales derechos en los primeros años pero que desde el principio fuesen lo suficientemente próximos para crear excedentes para los países pobres y déficits para los ricos. De hecho, la fijación de objetivos post-Kyoto teniendo en cuenta explícitamente las emisiones per capita ya es uno de los criterios que se están planteando por algún país.

Tras la firma del protocolo de Kyoto, el hecho más negativo ha sido la no ratificación de los EEUU (la misma posición ha adoptado Australia) quien en el último encuentro de los firmantes del convenio –celebrado en Buenos Aires a finales del 2004- planteó que su objetivo era el de disminuir la intensidad de emisiones (es decir, las emisiones de CO₂ en relación al PIB) en un 18% para el 2012 en comparación al nivel del 2000. Tal objetivo, de cumplirse, supondría con toda probabilidad un aumento significativo de las emisiones en términos absolutos que son las relevantes para el cambio climático. Fijar objetivos de "desvinculación" (*delinking*) entre presiones ambientales y crecimiento económico en términos relativos o absolutos no es en absoluto una cuestión menor. La "desvinculación" relativa o "débil" no asegura –cuando el crecimiento económico es importante- que se dé "desvinculación" absoluta o "fuerte" (Roca y Alcántara, 2001).

La postura de EEUU incluso puso en peligro la entrada en vigor del protocolo ya que para ello se requería una ratificación por parte de un número suficiente de países que, como una de las condiciones, representasen como mínimo el 55% de las emisiones de los países del anexo 1. Sin los EEUU, tal condición no se hubiese cumplido sin la ratificación de Rusia que hasta hace muy poco mantuvo en suspenso su decisión. En el momento de la firma del protocolo, Rusia tenía una emisiones aproximadamente un 30% por debajo de su compromiso de estabilización a los niveles de 1990 y luego han aumentado muy poco (ver Alcántara y Padilla en este número). Dadas las posibilidades de negocio mediante los mecanismos de flexibilización que ello comporta, los recelos de Rusia para la ratificación pueden ser difícilmente comprensibles y a veces han sido interpretados simplemente como un mecanismo de presión para negociar otros temas, sobre todo con la Unión Europea; sin embargo, su papel como país exportador de petróleo podría dar también un argumento económico a los que se oponían a la ratificación; además, en un futuro podría pasar a tener escasez de

derechos si su crecimiento económico fuese importante, dependiendo de cómo se concreten los compromisos futuros. Ratificado el protocolo por Rusia, la entrada en vigor del protocolo se ha producido el 16 de febrero de 2005.

En el protocolo de Kyoto se plantearon diversos "mecanismos de flexibilización" (Michaelowa, 2003). El primero, a veces no incluido en este concepto, es la posibilidad de que diversos países cumplan su compromiso de forma colectiva (como una "burbuja" [*bubble*] en la jerga de las negociaciones). La UE se acogió a esta posibilidad de forma que su compromiso global de disminución en un 8% se concretó en diferentes obligaciones para cada país. Así, a España, con unas emisiones per cápita inferiores a la media de la UE (aunque cada vez más próximas), se le permite aumentarlas en un 15% mientras que otros países tienen compromisos de reducción muy superiores al 8%, como son los casos de Alemania y Dinamarca que tendrían que reducir las emisiones en un 21%.

Otros dos mecanismos de flexibilización implican también únicamente a los países del anexo 1. Se trata de la compra-venta de emisiones (*international emissions trading*) y de la financiación de proyectos (*joint implementation* o aplicación conjunta), instrumentos mediante los cuales un país puede aumentar sus derechos –mientras otro los disminuye– mediante la compra directa de emisiones o mediante la financiación de un proyecto que suponga reducción de emisiones. Estos dos mecanismos no afectan en principio a la cantidad total de emisiones sino únicamente a su distribución con la filosofía general de que permiten que las reducciones se concentren en el lugar en que sea menos costoso. Un argumento fundamentado aunque, desde el punto de vista dinámico, puede argumentarse también que si los países más ricos pueden reducir sus esfuerzos con compras de derechos o inversiones en el exterior, entonces el desarrollo de nuevas tecnologías –y diferentes estilos de vida– puede retrasarse. Además, en el caso concreto del protocolo de Kyoto se da la circunstancia de que algunos países –en especial Rusia– tienen un compromiso –estabilizar sus emisiones respecto a las de 1990– que, dada la reducción de las emisiones que siguió al hundimiento de su sistema económico, significa que tendrán derechos excedentes sin ningún esfuerzo específico: podrán así vender derechos que no se hubieran utilizado (lo que se ha llamado el *hot air*) de forma que en la práctica el uso de estos mecanismos podría afectar a las emisiones totales y no sólo a su distribución.

El último de los mecanismos, llamado de "desarrollo limpio" (*clean development mechanism*), es más problemático. Se trata de que países del anexo 1 puedan obtener créditos de emisiones –es decir, puedan exceder sus derechos de emisión– mediante la inversión, que en principio puede ser pública o privada, en un país de fuera del anexo 1, es decir, en un país sin compromisos de emisiones máximas siempre que se trate de una inversión en un proyecto que conlleve menos emisiones (o mayor absorción de gases invernadero). Aquí no se trata ni siquiera en teoría de una simple redistribución de un máximo conjunto de emisiones sino de que los países del anexo 1 puedan relajar sus compromisos a cambio de inversiones que se supone que en ausencia del mecanismo no se hubiesen realizado. La cuestión es que el escenario base de referencia es necesariamente

hipotético y es difícil demostrar que un proyecto concreto no se hubiese realizado. Se han establecido diversas opciones para ser utilizadas como puntos de referencia para argumentar el carácter "adicional" del proyecto tales como las emisiones promedio de similares proyectos en circunstancias similares o el hecho de que las emisiones sean atractivas o no desde un punto de vista puramente económico. La necesaria ambigüedad de los criterios y el hecho de que los que participan en el proyecto puedan escoger libremente entre las diversas opciones conlleva un problema de "riesgo moral" ya que tendrán interés en optar por el criterio de referencia que maximice los créditos de emisión (Michaelowa, 2003); se puede añadir que, por mucho que intervenga un organismo que evalúe la idoneidad o no de los proyectos, existe un problema de "información asimétrica" ya que los que mejor conocen el proyecto tienen interés en presentarlo como un proyecto que nunca se hubiese dado de no ser por la existencia del mecanismo de desarrollo limpio. El problema básico del mecanismo tiene que ver, pues, con asegurar la "calidad" de los proyectos. Otro aspecto, también de "calidad", tiene que ver con posibles efectos ambientales y sociales de los proyectos. Por ejemplo, un proyecto de reforestación con especies de rápido crecimiento podría aumentar la absorción de CO₂ pero tener efectos ambientales negativos desde otros puntos de vista. Además, puede cuestionarse el hecho de que los países y empresas que invierten en países pobres no sean juzgados por el conjunto de sus proyectos, ni sean penalizados por los proyectos "sucios" y, en cambio, se puedan beneficiar de sus proyectos más "limpios".

En el marco del compromiso con el protocolo de Kyoto, una iniciativa destacable es la directiva europea sobre comercio de emisiones que analiza con detalle el artículo de Pablo del Río y de la que en esta introducción cabe destacar dos aspectos. El primero es su carácter parcial. Afecta –en su primera fase del 2005-2007- a un número muy importante de instalaciones de sectores claves, pero otras emisiones y en especial las del transporte, que son las que más crecen, no están afectadas. Puede pensarse que ello era inevitable, dado el carácter difuso de estas emisiones que imposibilitaría en la práctica el comercio entre millones de agentes; sin embargo, puede plantearse –como convincentemente hace Antonio Estevan en su artículo- que los distribuidores de carburante tengan una cuota limitada de emisiones y se vean obligados a comprar su exceso de emisiones, lo que luego repercutiría en los compradores finales.

El segundo aspecto a destacar aquí es que no se ha de confundir el mercado europeo de emisiones interempresarial con el ya explicado mercado internacional aprobado en Kyoto aunque ambos están muy interrelacionados. En efecto, la UE aprobó una directiva de "vinculación" que permite que –de forma complementaria- las instalaciones afectadas por el comercio europeo de emisiones puedan utilizar los mecanismos de Kyoto para cumplir con sus compromisos: es decir, podrían utilizarlos para emitir más CO₂ que el que posibilitaría los derechos que poseen "apuntándose" reducciones en otros países. El comercio y los proyectos de "aplicación conjunta" en países del antiguo bloque de la Unión Soviética pueden ser una opción atractiva para las empresas; en el caso español, los

proyectos de "desarrollo limpio" en América Latina parecen ser la alternativa potencialmente más utilizable. No sólo existe la opción de financiar directamente proyectos sino de participar en "fondos de carbono" aportando capital y obteniendo dividendos no en dinero sino en forma de créditos de carbono para utilizar o comercializar. La "vinculación" ampliará las opciones de las empresas y, por tanto, reducirá la demanda de derechos dentro de la UE y, en consecuencia, el precio. Es pronto para saberlo pero quizás en el mercado del CO₂ se repita la experiencia de un mercado de características diferentes (el de las emisiones de óxidos de azufre de los Estados Unidos): los precios resultaron ser muy inferiores a los previstos al discutirse y aprobarse la ley [ver Schmalensee et al. (1998) y Stavins (1998)].

3. La difícil situación española y el plan nacional de asignación de derechos

Pasados más de siete años desde la firma del protocolo de Kyoto, la situación española es muy preocupante. Las emisiones de los seis gases regulados por el protocolo fueron en 2002 de 401,34 millones de toneladas de CO₂, más o menos un 40% superiores a las de 1990², muy superiores al aumento porcentual de emisiones permitido en el acuerdo interno de la "burbuja" europea: el 15% en 2008-2012 respecto al 1990; y hasta ahora han continuado aumentando. Afortunadamente, hay dos hechos que presionan hacia un cambio en esta tendencia. El primero, la entrada en vigor del mercado europeo de derechos que supone que para las empresas los excesos de emisiones tendrán un coste económico claro (que, sin embargo, ha sido muy exagerado por las propias empresas). El segundo es el cambio de gobierno que ha supuesto pasar de una actitud de adhesión puramente retórica al protocolo a un compromiso político más activo aunque de momento ello aún no es en absoluto suficiente para que se perciba el necesario cambio de tendencia.

España ha tenido que elaborar, como el resto de países de la UE, su plan nacional de asignación de derechos de emisión para 2005-2007³. En este plan se especifica el total de derechos y su distribución intersectorial (que luego han de ser distribuidos entre las instalaciones) y también los objetivos para los sectores no afectados por la directiva y para el período 2008-2012. Simplificando, el plan pretende frenar el crecimiento de las emisiones y que más o menos se estabilicen en 2005-2007 manteniendo las mismas proporciones respecto al total de emisiones de los sectores afectados por la directiva y de los no afectados. Dada la situación actual, este objetivo intermedio es ambicioso aunque hay que señalar que globalmente los sectores afectados pueden aumentar sus emisiones –y con toda probabilidad lo harán– si bien con el coste (incierto puesto que no se sabe cual será el precio de los derechos) de pagar por el exceso de emisiones; lo más pre-

² Ver Real Decreto 1866/2004, de 6 de septiembre, por el que se aprueba el Plan nacional de asignación de derechos de emisión 2005-2007, BOE núm. 216, 7 de septiembre de 2004.

³ Ver nota anterior.

ocupante es que parece muy improbable que se rompa la tendencia creciente de las emisiones del transporte.

Para el período 2008-2012 el plan plantea que las emisiones serán un 24% superiores a las de 1990. La desviación respecto al 15% de aumento exigido por el compromiso con la UE se piensa cumplir, según el plan, de dos formas. Un 2% sería a cuenta de la absorción por sumideros gracias sobre todo al aumento de superficie forestal; sin embargo, los datos del proyecto europeo Corine Land Cover sobre usos del suelo muestran una evolución que parece incompatible con este objetivo ya que, según estos datos, en España la superficie forestal ha disminuido ligeramente entre 1990 y 2000 a favor principalmente de la superficie urbanizada, una tendencia que dada la expansión constructora puede ser aún mucho más acusada en la actual década (*El País*, 27 de diciembre de 2004, p. 28-29). Según el plan, el 7% de déficit restante se cubriría a cuenta de créditos procedentes del mercado internacional; en concreto el plan contempla adquirir un promedio anual de 20 millones de toneladas de CO₂ para el período 2008-2012 mediante estos mecanismos. Adviértase que estas toneladas deberían añadirse a las que adquiriesen en el exterior las empresas afectadas por la directiva y previsiblemente serían financiadas por todos los ciudadanos a través de los presupuestos públicos; ello va contra el principio de la internalización de costes que exigiría que en la mayor medida posible las actividades causantes de los excesos de emisiones paguen por ello (aunque la propia idea de la distribución gratuita de unos derechos de emisión es una aplicación muy limitada del principio "quien contamina, paga"); en el caso de los sectores afectados requeriría que no se les otorgasen en 2008-2012 más derechos de los que corresponderían a un incremento del 15% de emisiones respecto a las de 1990, mientras que en el caso del transporte requeriría –como se ha señalado– que el precio del carburante reflejase el coste que para el país supone la necesidad de comprar derechos en los mercados internacionales o la financiación de proyectos en el exterior para cubrir el excesivo aumento de emisiones.

En conjunto, reducir las emisiones de gases invernadero exigirá a España –como a otros países– importantes cambios: en las tecnologías y en los estilos de vida. Para establecer prioridades y determinar responsabilidades deben desarrollarse metodologías adecuadas de análisis. Los artículos de Antonio Estevan y Mònica Serrano son interesantes contribuciones en este sentido. En el primero se analiza la contribución del transporte a la demanda de energía y las emisiones de CO₂ y la eficiencia relativa de los diferentes medios de transporte desde una perspectiva poco habitual: la del análisis del "ciclo global de producción de transporte" que tiene en cuenta no sólo el combustible gastado directamente por el transporte sino también el necesario indirectamente (por ejemplo, la producción de vehículos o la construcción y mantenimiento de infraestructuras) que convencionalmente aparece en las cuentas de otros sectores. El artículo de Mònica Serrano adopta una perspectiva de análisis muy diferente, complementaria, partiendo de los datos de tablas input-output ampliadas ambientalmente para tener en cuenta las emisiones atmosféricas, lo que se conoce como sistemas NAMEA (*National*

Accounts including Environmental Accounts. Veáse Keuning et al, 1999) y que, a mi entender, es la vía más prometedora para avanzar en la contabilidad económico-ambiental. Dichos datos se relacionan con datos de la encuesta de presupuestos familiares lo que permite analizar las emisiones directas e indirectas que comportan diferentes patrones de consumo. En concreto, los resultados –que deben tomarse prudentemente dada la limitada calidad de los datos- apuntan a que las familias con mayor nivel de renta son más responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero aunque el patrón de consumo sería, por unidad de gasto, algo menos contaminante a medida que aumenta la renta.

Bibliografía

- AGARWAL, A. y NARAIN (1991), S., *Global warming in an unequal world. A case of environmental colonialism*, Centre for Science and Environment, New Delhi, India.
- AZAR, C. (2000), "Economics and distribution in the greenhouse", *Climate Change*, vol. 47: 233-238.
- CAMPBELL, C.J. y J.H. LAHERRÈRE (1998), "The End of Cheap Oil", *Scientific American*, marzo.
- COASE, R. (1960), "El problema del coste social", en Aguilera Klink, F. y V. Alcántara (edits.), *De la economía ambiental a la economía ecológica*, Icaria, Barcelona, pp. 65-124.
- DALY, H. E. (1999), "Steady-state economics: avoiding uneconomic growth" en J.C.J.M. van den Bergh (ed), *Handbook of Environmental and Resource Economics*, Edward Elgar, Chelktenham, UK.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2001), *Late Lessons from Early Warnings: the precautionary principle 1896-2000*, Environmental Issue Report, n. 22, Copenhagen
- HOWARTH, R. B. (2003), "Climate change" en Neumayer, E. (ed), *International Society for Ecological Economics Internet Encyclopaedia of Ecological Economics*. <http://www.ecoeco.org/publica/encyc.htm>.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2004), *Key World Energy Statistics*, www.iea.org
- KEUNING, S. J. et al (1999): "The Netherlands' NAMEA; presentation, usage and future extensions", *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 10: 15-37.
- MARTÍNEZ ALIER, J. y ROCA JUSMET, J. (2001), *Economía ecológica y política ambiental*, Fondo de Cultura Económica, México, segunda edición.
- MICHAELOWA, A. (2003), "The Kyoto Protocol and its mechanisms" en Neumayer, E. (ed), *International Society for Ecological Economics Internet Encyclopaedia of Ecological Economics*. <http://www.ecoeco.org/publica/encyc.htm>.
- RIECHMANN, J. (2002), "Introducción: un principio para reorientar las relaciones de la humanidad con la biosfera" en Riechmann, J. y Tickner, J. (coord.),

- El principio de precaución*, editorial Icaria, Barcelona.
- ROCA, J. y ALCÁNTARA, V. (2001), "Energy intensity, CO₂ emissions and the environmental Kuznets curve. The Spanish case", *Energy Policy*, vol. 29/7, pp. 553-556.
- SCHMALENSEE, R. et al (1998), "An Interim Evaluation of Sulfur Dioxide Emissions", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 12.
- STAVINS, R. N. (1998), "What Can We Learn from the Grand Experiment? Lessons from SO₂ Allowance Trading", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 12.

ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE CO₂ Y SUS FACTORES EXPLICATIVOS EN LAS DIFERENTES ÁREAS DEL MUNDO¹

Vicent Alcántara Escolano y Emilio Padilla Rosa*

Fecha de recepción: 24 de febrero de 2005

Fecha de aceptación y versión final: 8 de marzo de 2005

Resumen: En el presente artículo se analiza la evolución de las emisiones de CO₂ –el principal gas de efecto invernadero– en las diferentes áreas del mundo, prestando mayor atención a lo ocurrido en la Unión Europea y España. El análisis se centra especialmente en lo sucedido desde 1990, año de referencia en el protocolo de Kyoto para la gran mayoría de países. Se investigan también los principales factores determinantes de las emisiones y su evolución utilizando el análisis de los factores de la identidad de Kaya. El análisis permite explicar las grandes diferencias que se dan entre unas zonas y otras y las distintas variaciones que se han dado a lo largo del tiempo.

Palabras clave: diferencias entre regiones, evolución de emisiones, identidad de Kaya, protocolo de Kyoto.

Abstract: This article analyses the evolution of CO₂ emissions –the major greenhouse gas– in the different regions of the world, paying special attention to what has happened in the European Union and Spain. The analysis focuses especially in what has happened since

* Departament d'Economia Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona, Edificio B, 08193 Bellaterra (Cerdanyola), Barcelona.

¹ Los autores desean agradecer el apoyo financiero de los proyectos BEC2003-1831, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, y 2001SGR160, de la Direcció General de Recerca.

1990, base year for the Kyoto Protocol for most countries. The article also studies the main driving forces of the emissions and of their evolution by means of the analysis of the Kaya factors identity. The analysis explains the great differences between regions and the different changes over time.

Key words: differences between regions, evolution of emissions, Kaya identity, Kyoto Protocol.

1. Evolución de las emisiones de CO₂

El aumento en las concentraciones de CO₂ en la atmósfera causado por la actividad humana es el principal factor responsable de la intensificación del efecto invernadero y el cambio climático resultante². A pesar de que esto es ya una evidencia incontestable y los efectos del cambio climático ya se empiezan a notar, no parece que la alarma despertada haya conllevado una actuación decidida para reducir las emisiones y mitigar los efectos del cambio climático. En el presente apartado analizaremos la evolución de las emisiones durante tres décadas, centrándonos en lo ocurrido a partir de 1990, año para el cual ya existía abundante evidencia sobre el fenómeno del cambio climático y que sirve de referencia para los acuerdos de control de emisiones alcanzados en el protocolo de Kyoto.

Para realizar el análisis se han empleado los datos de emisiones de la Agencia Internacional de la Energía. Estos datos abarcan el período 1971-2001. Hay que tener en cuenta que estos datos no coinciden exactamente con los inventarios que los países presentan al IPCC, ya que no incluyen las emisiones que no se derivan de la quema de combustibles fósiles (como las generadas en la producción de cemento) y porque, en algunas ocasiones, los países pueden utilizar distintos criterios para contabilizar las emisiones. No obstante, la evolución de ambos inventarios es muy similar.

En nuestro análisis compararemos la evolución de las emisiones respecto a los compromisos de Kyoto, aunque se ha de tener en cuenta que éstos se refieren al total de gases de efecto invernadero y no solo al CO₂. La comparación es relevante, ya que el CO₂ representa más de un 75% del total de emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, expresadas en CO₂ equivalente (OECD, 2001).

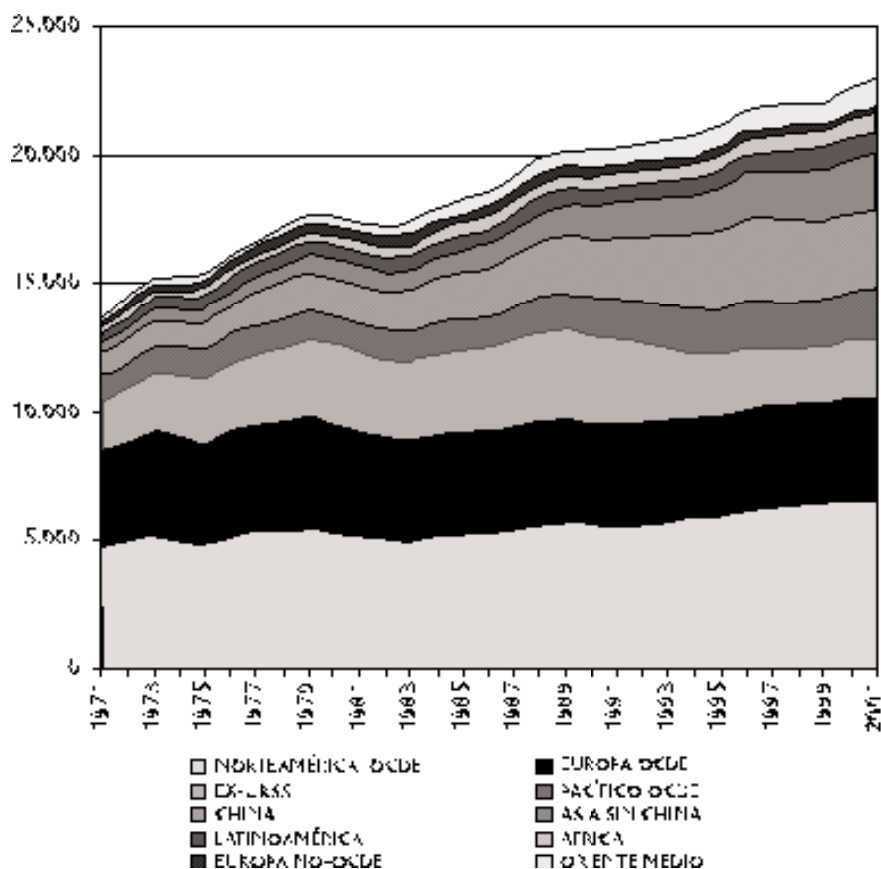
1.1. Evolución de las emisiones de CO₂ en las diferentes áreas del mundo

Las emisiones mundiales de CO₂ han experimentado un gran crecimiento

² En el caso de España, las emisiones de CO₂ representan el 81% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la actividad humana expresadas en CO₂ equivalente.

entre 1971 y 2001, si bien podemos observar diversas etapas en este periodo (ver Figura 1). Las emisiones crecieron de forma importante los tres primeros años de la muestra, lo que se vio interrumpido con la primera crisis energética, que llevó a que se estabilizaran hasta 1975. Superada la primera crisis se dio un fuerte crecimiento hasta 1979, año a partir del cual se produjo una reducción de las emisiones mundiales como consecuencia del alza de precios del petróleo y la crisis económica mundial. Entre 1984 y 1989, se da, de nuevo, un importante aumento que se ve frenado con la descomposición y crisis del bloque soviético, a partir de 1990, que causó una considerable reducción de las emisiones de la antigua Unión Soviética y Europa del este. Durante los años en que cayeron las emisiones de la URSS, se mantuvieron casi estables las emisiones mundiales. Pero a partir de 1996, ha vuelto a darse un fuerte crecimiento, centrado en buena parte en China y otros países asiáticos.

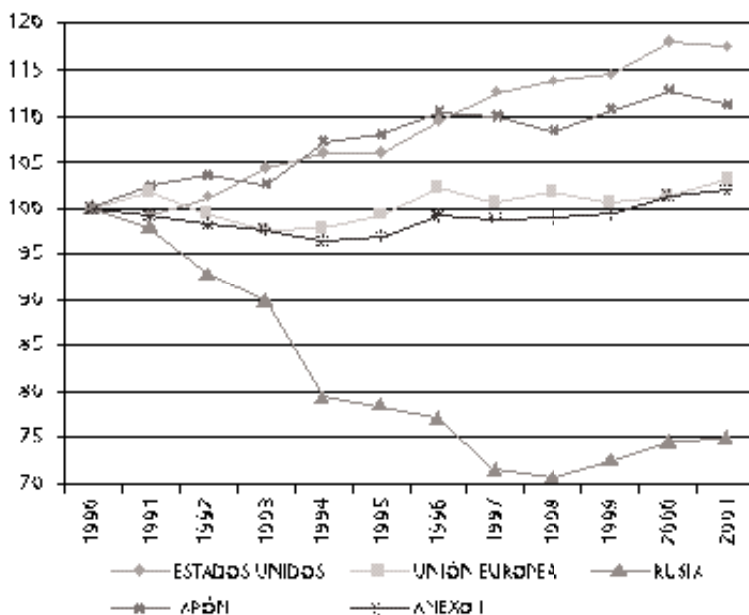
Figura 1. Evolución de las emisiones de CO₂, 1971-2001



Fuente: elaboración propia a partir de AIE (2003).

En cuanto al comportamiento de los distintos bloques de países, la Figura 2 muestra la evolución entre 1990 y 2001, en números índice, de las emisiones de CO₂ de los países del Anexo I y los principales países emisores incluidos en el mismo.

Figura 2. Evolución de las emisiones de CO₂ en los principales países del Anexo I entre 1990 y 2001 (1990=100)



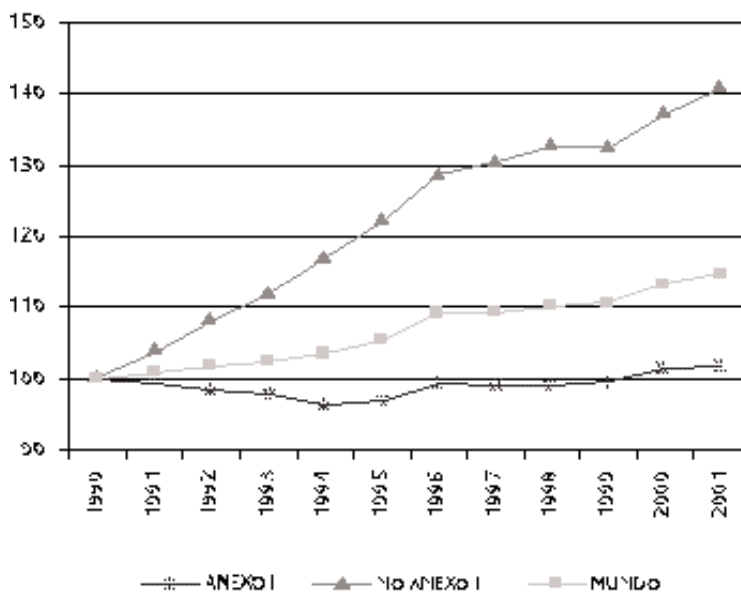
Fuente: elaboración propia a partir de AIE (2003).

Los países del Anexo I no han logrado estabilizar sus emisiones en 2001 al nivel de 1990 (el objetivo inicial de la Convención Marco sobre Cambio Climático era estabilizarlas en el año 2000), aunque tampoco se habrían distanciado en exceso de este primer objetivo. Claramente, puede observarse que esta moderada evolución de las emisiones de este grupo de países se ha visto facilitada por la fuerte caída en las emisiones de Rusia (llegando en 1998 a ser un 30% inferiores a las de 1990) y un comportamiento también moderado de las emisiones de la Unión Europea (aquí y en el resto del trabajo cuando hablamos de la UE hacemos referencia a los 15 países que formaban parte de la misma cuando se firmó el protocolo). En cambio, en el caso de Estados Unidos, el principal país emisor, se ha dado un importante crecimiento (17,56%).

Pero la moderada evolución de las emisiones de los países del Anexo I no ha conllevado una tendencia a la estabilización de las emisiones mundiales. En la Figura 2 se observa cómo las emisiones de los países no incluidos en el Anexo I habían crecido en 2001 en un 40,9% respecto al nivel de 1990, lo que se ha tra-

ducido en un aumento de las emisiones mundiales de CO₂ en un 14,6%.

Figura 3. Evolución de las emisiones de CO₂ del grupo de países incluidos en el Anexo I, el grupo de los no incluidos y las mundiales entre 1990 y 2001 (1990=100)



Fuente: elaboración propia a partir de AIE (2003).

Según el protocolo de Kyoto, los países incluidos en el Anexo I del mismo³, deberían reducir sus emisiones globales de gases de efecto invernadero en un 5,2% para el promedio de las emisiones del periodo 2008-2012⁴. Esta reducción sería el resultado de los diferentes compromisos de reducción pactados para cada grupo de países. No obstante, los objetivos de cada país, o grupo de países, eran distintos en función de los acuerdos alcanzados. La reducción acordada en el caso de la Unión Europea era del 8%, Estados Unidos el 7%, Japón el 6%, Rusia un 0% e incluso a algún país se le permitía cierto aumento (p.e., Noruega un 1%, Australia un 8% e Islandia un 10%). Una muestra de lo moderado del compromiso es que, aún en caso de cumplirse, esto no garantizaría que se estabilizaran las emisiones mundiales, dado que la pequeña reducción de los países más ricos

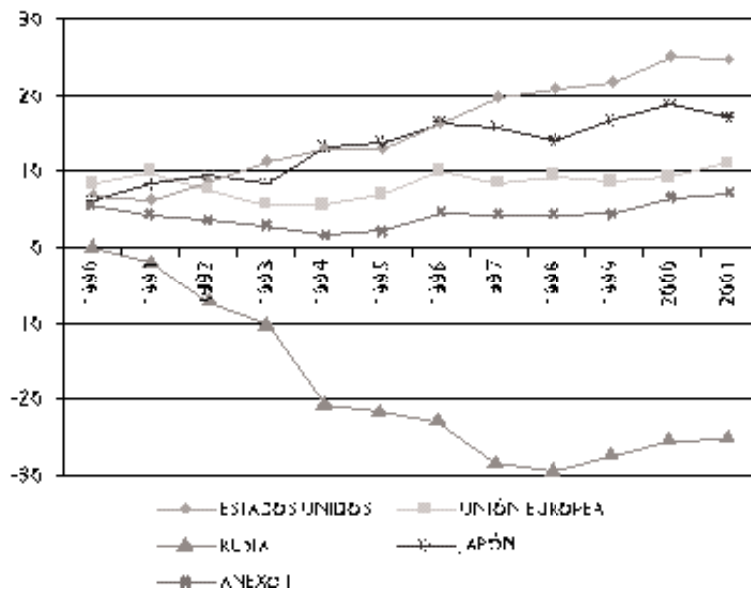
³ El Anexo I recoge los países que eran miembros de la OCDE cuando se firmó la Convención Marco sobre Cambio Climático (incluyendo la Unión Europea) y 14 países de Europa central y del este y de la antigua Unión Soviética.

⁴ Los seis gases contemplados por el protocolo son: CO₂, CH₄, N₂O, los HFC, los PFC y el SF₆. No se incluyen los CFC por estar ya regulados por otro acuerdo internacional (el protocolo de Montreal). Para los tres últimos gases se permite considerar 1995 como año base. El compromiso se refiere al agregado de los seis gases que se suman en toneladas de CO₂-equivalente según los valores de potencial de calentamiento global fijados por el segundo informe del IPCC (1995), valores basados en los efectos de los gases de efecto invernadero en un horizonte temporal de 100 años.

se vería sobrepasada por el aumento en otros países.

La Figura 4 muestra la diferencia, expresada en porcentaje, entre la evolución de las emisiones de CO₂ del Anexo I y los principales países incluidos en el mismo y el objetivo acordado en Kyoto a alcanzar en el período 2008-2012 para el conjunto de los gases de efecto invernadero.

Figura 4. Distancia de las emisiones de CO₂ de los principales países respecto al objetivo fijado en Kyoto para el conjunto de gases de efecto invernadero



Fuente: elaboración propia a partir de AIE (2003).

Mientras que para el conjunto de los países del Anexo I la distancia respecto al objetivo es más amplia que en 1990, en el caso de Rusia existe un amplio margen para cumplir con el objetivo, debido a la importante reducción experimentada entre 1990 y 1998. De hecho, cuando se estaban llevando a cabo las negociaciones del protocolo, en 1997, Rusia ya disponía, en el caso de las emisiones de CO₂, de un margen de un 30% por debajo de la meta acordada para el conjunto de gases de efecto invernadero. Este margen se conoce como "aire caliente" y le podría permitir obtener importantes ingresos en un mercado de emisiones entre países. Este fue uno de los principales motivos por los que Rusia firmó el protocolo y lo ha ratificado a finales de 2004⁵. Esta ratificación ha permitido que el protocolo entre en vigor en febrero de 2005, al conseguir superar la

⁵ Otra de las contrapartidas conseguidas por Rusia es el apoyo de la Unión Europea a su ingreso en la Organización Mundial del Comercio. Al no participar los Estados Unidos, el precio del "aire caliente" es mucho menor al haber menos demanda del mismo, argumento que ha sido utilizado para presionar a la Unión Europea y Japón en las negociaciones.

cifra mínima de 55 países, entre los cuales se incluyen países del Anexo I que superan el porcentaje de emisiones requerido para su puesta en marcha (un mínimo del 55% de las emisiones de este grupo en 1990). En total, hasta el momento de su puesta en marcha lo han ratificado 141 países, entre los que se incluyen 37 países del Anexo I con el 61,6% de las emisiones de este grupo en 1990.

1.2. Evolución de las emisiones de CO₂ en la Unión Europea y en España

Dentro de la Unión Europea se acordó una distribución de la carga de la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero entre los diferentes países, de forma que, mientras que algunos países como Alemania o Dinamarca debían reducir sus emisiones en un 21%, otros, con menos emisiones per cápita, tenían cierto margen para aumentarlas, como es el caso de España con un 15%, Grecia con un 25% y Portugal con un 27% de aumento permitido. La Tabla 1 muestra la evolución de las emisiones de CO₂ en los distintos países comunitarios y la distancia entre esta evolución y la meta que se había marcado para el conjunto de los gases de efecto invernadero.

Tabla 1. Evolución de las emisiones de CO₂, en números índice, y distancia respecto al objetivo de Kyoto para 2008-2012 y el conjunto de los gases de efecto invernadero, en porcentaje de emisiones

	Evolución de las emisiones de CO ₂			Distancia respecto meta de Kyoto para GEI		
	1990	1997	2001	1990	1997	2001
Austria	100	113,78	117,82	13	26,78	30,82
Bélgica	100	110,06	111,89	7,5	17,56	19,39
Dinamarca	100	121,26	99,78	21	42,26	20,78
Finlandia	100	111,28	109,55	0	11,28	9,55
Francia	100	102,55	109,12	0	2,55	9,12
Alemania	100	91,42	88,18	21	12,42	9,18
Grecia	100	112,54	127,73	-25	-12,46	2,73
Irlanda	100	118,14	142,47	-13	5,14	29,47
Italia	100	103,40	106,30	6,5	9,90	12,80
Luxemburgo	100	74,69	80,32	28	2,69	8,32
Holanda	100	111,24	112,94	6	17,24	18,94
Portugal	100	124,29	149,08	-27	-2,71	22,08
España	100	117,42	138,30	-15	2,42	23,30
Suecia	100	103,32	93,90	-4	-0,68	-10,10
Reino Unido	100	93,57	96,52	12,5	6,07	9,02
Unión Europea	100	100,51	103,15	8	8,51	11,15

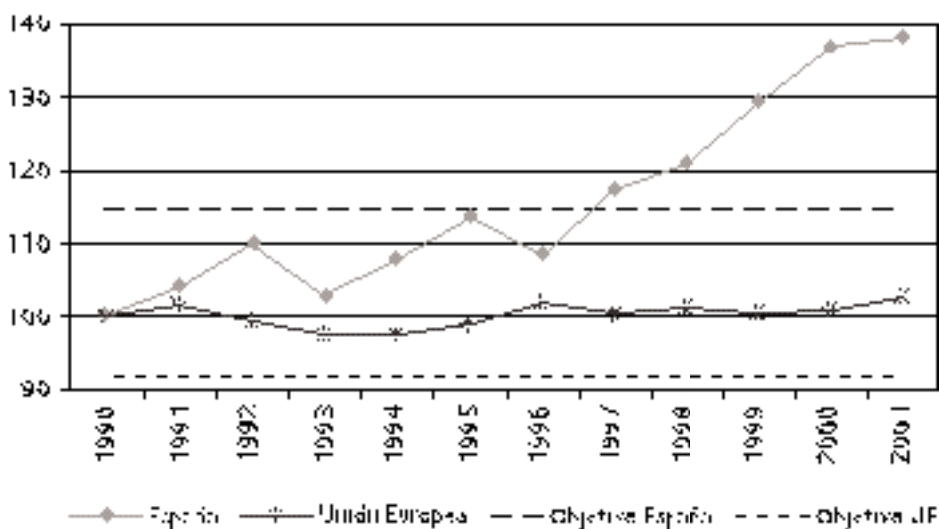
Fuente: elaboración propia a partir de AIE (2003).

En cuanto a la evolución de las emisiones de CO₂, destaca el gran aumento en los países menos ricos que, además, partían de una situación con menores emisiones per cápita, como es el caso de Portugal, España y Grecia. También aumentan fuertemente en Irlanda, país cuyo fuerte crecimiento económico en la década de los 90 le lleva de estar entre los 4 más pobres a estar entre los más ricos. Por otro lado, cinco países de la Unión tenían en 2001 unas emisiones ligeramente menores a las que tenían en 1990 (Dinamarca, Reino Unido, Suecia, Alemania y Luxemburgo). En el caso de Alemania, habría sido en parte a causa del desmoronamiento de la industria de la antigua RDA a principios de los 90. Sólo en Suecia se habría conseguido alcanzar ya para el CO₂ el objetivo marcado para el conjunto de gases (que era un 4% de aumento) y países como Alemania y Luxemburgo han conseguido una notable reducción, aunque la reducción de CO₂ está aún lejos del objetivo marcado para el conjunto de gases de efecto invernadero. En el extremo opuesto se sitúan Austria, Irlanda, España y Portugal, con entre un 20 y un 30% de emisiones por encima del objetivo en 2001.

Como resultado, la Unión Europea está hoy en día más lejos de cumplir su compromiso que cuando se firmó el protocolo en 1997. Dado que el CO₂ representa unos 4/5 del total de emisiones expresadas en CO₂ equivalente, queda, pues, todo el trabajo por hacer.

En la Figura 5 se observa la evolución de las emisiones de CO₂ y su distancia respecto a la meta de Kyoto para el conjunto de gases de efecto invernadero para España y la Unión Europea:

Figura 5. Evolución de emisiones de CO₂ y distancia respecto a meta de España y la Unión Europea



Fuente: elaboración propia a partir de AIE (2003).

Las emisiones de CO₂ en España han aumentado hasta 2001 en un 38,3%. No obstante, según el inventario de emisiones del ministerio de medio ambiente (que incluye las emisiones que no derivan de la quema de combustibles fósiles), el aumento de las emisiones de CO₂ ha sido algo menor, de un 35,11%, mientras que para el conjunto de las distintas emisiones de gases de efecto invernadero ha sido de un 32,06% (ver Roca y Padilla, 2004). Así, el comportamiento de otros gases con menor importancia relativa no habría compensado el fuerte crecimiento en el CO₂.

La evolución de España ha sido una de las peores de los países miembro de la Unión Europea y aún se ha acentuado más en los años posteriores a la muestra. En 2002 las emisiones del conjunto de gases de efecto invernadero habían superado en un 40% a las del año base, mientras que en la UE-15, éstas estaban un 2,9% por debajo del nivel del año base (EEA, 2004). Según los datos de que disponemos actualmente, el incremento ya superaba en 2003 en más de un 40% las emisiones de CO₂ de 1990, un 25% por encima de lo acordado en Kyoto, y todos los datos (fuerte aumento del consumo de energía durante 2004), indican que en 2004 éstas han seguido aumentando a un fuerte ritmo. De hecho, el último informe de la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA, 2004) ha señalado a España como el país que en 2002 más se alejaba de una hipotética senda lineal que llevara a cumplir con el protocolo de Kyoto para el conjunto de gases de efecto invernadero.

2. Los factores determinantes de la evolución de las emisiones de CO₂

En el apartado anterior se ha visto que las emisiones mundiales de CO₂, lejos de estabilizarse, han experimentado un importante crecimiento en los últimos años. Únicamente el desmoronamiento y la reconversión de la industria de la antigua Unión Soviética han permitido que las emisiones mundiales prácticamente se estabilizaran durante algunos años y que las emisiones de los países del Anexo I sólo aumentaran ligeramente en el período.

Claramente, uno de los factores que hay detrás del aumento de emisiones mundiales de CO₂ es el crecimiento de la actividad económica. No obstante, este crecimiento puede ser debido a una mayor prosperidad de los habitantes, o simplemente a un aumento de la población. Por otro lado, las diferentes tecnologías utilizadas en la producción pueden hacer que se contamine más o menos en función de la necesidad de energía, o en función del tipo de energía que se utilice. Existen múltiples factores que influyen en el nivel de emisiones de CO₂, como son el desarrollo económico, el crecimiento demográfico, el cambio tecnológico, las dotaciones de recursos, las estructuras institucionales, los modelos de transporte, los estilos de vida y el comercio internacional.

Una herramienta analítica utilizada frecuentemente para explorar cuáles son las principales fuerzas motrices causantes de este comportamiento contaminante

es la identidad de Kaya (1989) (ver p.e., Yamaji et al., 1991). Según esta identidad, las emisiones de un país se descomponen en el producto de cuatro factores básicos (que, a su vez, se ven influenciados por otros factores): índice de carbónización o intensidad de carbono de la energía (definida como el CO₂ emitido por unidad de energía consumida, $\frac{CO_{2i}}{E_i}$), la intensidad energética (definida como la energía consumida por unidad de PIB, $\frac{E_i}{PIB_i}$), la renta económica (definida como el PIB per cápita, $\frac{PIB_i}{P_i}$) y la población (P_i).

$$CO_{2i} = \frac{CO_{2i}}{E_i} \cdot \frac{E_i}{PIB_i} \cdot \frac{PIB_i}{P_i} \cdot P_i$$

El primer componente refleja la combinación de combustibles o fuentes energéticas de un país, el segundo está asociado a la eficiencia energética en la provisión de diferentes bienes y servicios, pero también a otros factores, teniendo especial relevancia el modelo de transporte y la estructura sectorial de la economía, mientras que el tercero es una medida de renta económica⁶. A su vez, el producto de los dos primeros factores nos muestra la intensidad de emisiones del PIB ($\frac{CO_{2i}}{PIB_i}$) y si pasáramos la población al lado izquierdo de la ecuación tendríamos la descomposición de las emisiones per cápita ($\frac{CO_{2i}}{P_i}$).

El enfoque de los factores de Kaya permite descomponer las principales fuerzas determinantes de las emisiones de CO₂. No obstante, uno de sus inconvenientes es que esos principales factores determinantes pueden no ser independientes entre sí (p.e., países con mayor bienestar económico podrían desarrollar tecnologías más eficientes gracias a un mayor nivel de capital, llevando a menores intensidades energéticas.)

⁶ Esta identidad es una aplicación de un enfoque más general para discutir las fuerzas determinantes de los impactos ambientales, la identidad llamada IPAT, que relaciona los impactos (I) con la población (P) multiplicada por la afluencia o prosperidad económica (A) y la tecnología (T).

Tabla 2. Descomposición de las emisiones del año 2001⁷

	Factores de Kaya						
		Índice carbonización	Intensidad Energética	PIB per cápita	Población	Intensidad emisiones del PIB	Emisiones per cápita
	CO ₂	CO ₂ /E	E/PIB	PIB/P	P	CO ₂ /PIB	CO ₂ /P
Norteamérica	6551,73	2,44	252,59	25,52	416,10	617,07	15,75
OCDE	3988,70	2,21	183,44	18,72	524,54	406,16	7,60
Europa OCDE	2239,79	2,39	628,02	5,15	289,09	1503,88	7,75
Ex-URSS	1970,59	2,32	194,59	22,06	197,87	451,43	9,96
Pacífico OCDE	3112,64	2,69	237,64	3,80	1278,58	640,05	2,43
China	2179,32	1,89	208,33	2,86	1935,20	394,03	1,13
Asia (sin China)	841,82	1,87	170,68	6,25	421,91	319,35	2,00
Latinoamérica	720,23	1,40	302,87	2,09	812,51	424,12	0,89
África	253,52	2,56	284,83	6,01	57,90	728,21	4,38
Europa no OCDE	1044,57	2,68	387,53	5,95	168,85	1038,88	6,19
Oriente Medio							
<i>Mundo</i>	23683,75	2,33	239,89	6,94	6102,56	558,92	3,88
<i>países Anexo I</i>	13802,63	2,35	236,20	20,01	1239,89	556,24	11,13
<i>países no-Anexo I</i>	9100,30	2,18	237,35	3,61	4862,68	518,24	1,87
<i>Coefficiente de variación x 100</i>		17,44	45,64	84,03		53,38	76,48

Fuente: elaboración propia a partir de AIE (2003).

Nota: Emisiones per cápita en toneladas por habitante; Índice de carbonización en toneladas de CO₂ por toneladas energía primaria en equivalente de petróleo; Intensidad energética en toneladas de energía primaria en equivalente de petróleo por millón de dólares de 1995 en poder de paridad de compra; Intensidad de carbono del PIB en toneladas de CO₂ por millón de dólares de 1995 en paridad de poder de compra; PIB per cápita en miles de dólares por habitante de 1995 en paridad de poder de compra. El coeficiente de variación es el de las diez regiones consideradas y está calculado sin ponderar por población.

En cuanto a las diferencias entre regiones, destaca el hecho de que China y el resto de Asia juntas emitan menos emisiones que la región de Norteamérica,

⁷ Las emisiones totales mundiales incluyen los búnkeres marinos y de aviación, es decir, el combustible utilizado por los barcos y aviones de cualquier bandera encargados de tráfico internacional, incluidos los barcos de guerra, que no se contabilizan en las emisiones de los países.

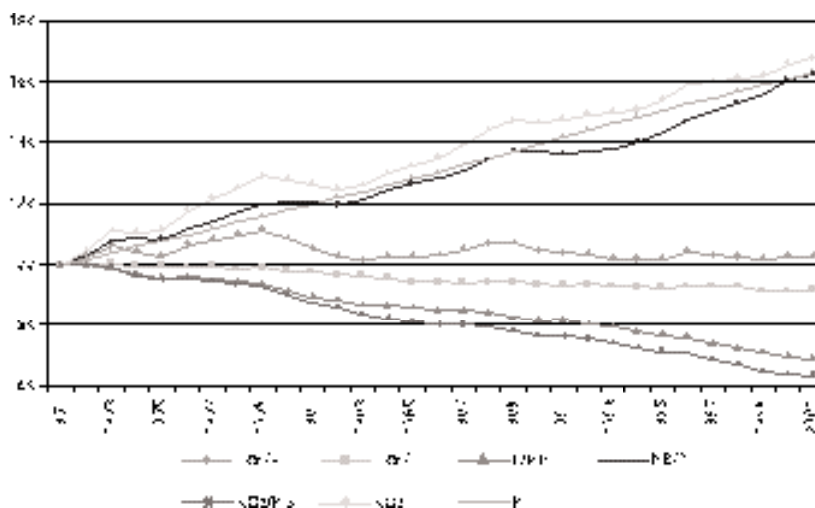
cuando tienen casi 8 veces más población. Los grupos de países seleccionados hacen referencia a territorios con un tamaño y una población muy diferentes, con lo que resulta más relevante centrar el análisis comparativo en las emisiones per cápita, si bien después se analizará la influencia de las diferentes tasas de crecimiento de población sobre las emisiones totales. Observando los datos, claramente, el principal factor explicativo de las grandes diferencias en las emisiones per cápita de los distintos países es la diferencia en el PIB per cápita. Este factor oscila entre los 2,09 mil dólares de África y los 25,52 de Norteamérica (una proporción de 12 a 1) y el coeficiente de variación entre las diferentes regiones (sin ponderar por población) llegaría hasta el 84,03%. El mayor PIB per cápita de los países ricos sería el factor que más contribuye a explicar su alto nivel de emisiones, mientras que en el caso de África, su pobreza explicaría por qué el nivel de emisiones de sus habitantes es mucho menor.

No obstante, las diferencias en el bienestar económico no bastan para explicar las grandes diferencias que se dan en las emisiones per cápita de las diversas zonas, como muestra el hecho de que las emisiones per cápita de la antigua Unión Soviética son mayores que las de Europa, cuando su PIB per cápita es menos de la tercera parte. Es necesario estudiar las diferencias en el índice de carbonización y la intensidad energética que hacen que la intensidad de emisiones del PIB sea muy diferente en distintas regiones. Así, la intensidad de emisiones del PIB es casi cinco veces mayor en el caso de la ex-URSS que en el caso de Latinoamérica. Diversos autores han discutido sobre la mayor importancia de la intensidad energética o el índice de carbonización para explicar las diferentes emisiones y su evolución (ver Roca y Alcántara, 2002). Mielnik y Goldemberg (1999) cuestionan la mayor importancia que según ellos se ha dado a la intensidad energética y destacan el hecho de que la intensidad energética sigue un patrón histórico más definido, mientras que el índice de carbonización tendría un comportamiento con mayor variabilidad y, por tanto, explicaría mejor las diferencias a lo largo del tiempo entre países. Ang (1999a), en cambio, insiste en la mayor importancia de la intensidad energética.

Sin que ello sea generalizable, los datos muestran que la variabilidad en el 2001 de las grandes regiones del mundo consideradas es mucho mayor en el caso de la intensidad energética que en el caso del índice de carbonización, con un coeficiente de variación del 45,64% en el primer caso frente a un 17,44% en el segundo. La intensidad energética oscila entre el valor de 628,02 toneladas de energía primaria en equivalente de petróleo por millón de dólares de la exURSS a las 170,68 de Latinoamérica (3,67 veces más energía por unidad de PIB en la exURSS). El resultado refuerza la idea de que la intensidad energética es el principal factor determinante de las diferencias en la intensidad de emisiones de los distintos países y el segundo factor, después del PIB per cápita, en explicar las diferencias en emisiones. En cuanto a las diferencias en el índice de carbonización, éstas oscilan entre las 1,40 toneladas de CO₂ por tonelada de energía primaria en equivalente de petróleo de África, a los 2,69 de China (casi el doble de emisiones por unidad de energía).

La Figura 6 y las Tablas 3 y 4 muestran la variación experimentada entre 1971 y 1990 y entre 1990 y 2001 en los diferentes factores para el conjunto del mundo.

Figura 6. Evolución de las emisiones y los diferentes factores



Fuente: elaboración propia a partir de AIE (2003).

Tabla 3. Variación en los diferentes factores, 1971-1990

	Factores de Kaya					Emisiones per cápita	
	CO ₂	Índice carbonización CO ₂ /E	Intensidad Energética E/PIB	PIB per cápita PIB/P	Población P	Intensidad emisiones del PIB	Emisiones per cápita
						CO ₂ /PIB	CO ₂ /P
Norteamérica							
OCDE	17,20%	-7,64%	-31,33%	44,07%	28,26%	-36,57%	-8,62%
Europa OCDE	7,13%	-17,04%	-21,70%	48,72%	10,90%	-35,04%	-3,40%
Ex-URSS	67,75%	-1,88%	1,91%	42,24%	17,93%	0,00%	42,24%
Pacífico OCDE	60,54%	-11,93%	-18,76%	84,47%	21,64%	-28,45%	31,98%
China	181,87%	26,43%	-46,38%	208,03%	35,00%	-32,21%	108,80%
Asia (sin China)	189,69%	33,85%	-15,29%	67,74%	52,31%	13,39%	90,20%
Latinoamérica	64,29%	-1,46%	-7,95%	21,55%	49,02%	-9,30%	10,25%
África	103,36%	1,92%	17,88%	-0,20%	69,61%	20,14%	19,90%
Europa no OCDE	55,71%	-4,92%	-13,21%	66,08%	13,61%	-17,48%	37,05%
Oriente Medio	361,40%	4,07%	170,13%	-15,16%	93,47%	181,12%	138,49%
<i>Mundo</i>	46,33%	-6,59%	-18,25%	37,07%	39,81%	-23,64%	4,67%

Tabla 4. Variación en los diferentes factores, 1990-2001

	Factores de Kaya						
		Índice carbonización	Intensidad Energética	PIB per cápita	Población	Intensidad emi- siones del PIB	Emisiones per cápita
	CO ₂	CO ₂ /E	E/PIB	PIB/P	P	CO ₂ /PIB	CO ₂ /P
Norteamérica							
OCDE	18,09%	-0,45%	-13,78%	18,69%	15,93%	-14,17%	1,87%
Europa OCDE	1,32%	-8,59%	-11,75%	19,05%	5,49%	-19,33%	-3,96%
Ex-URSS	-33,04%	-3,51%	4,32%	-33,48%	0,00%	0,66%	-33,04%
Pacífico OCDE	29,06%	-4,18%	7,37%	18,52%	5,84%	2,88%	21,94%
China	35,95%	3,65%	-52,08%	144,24%	12,07%	-50,33%	21,31%
Asia (sin China)	73,78%	13,79%	-10,31%	39,67%	21,91%	2,06%	42,55%
Latinoamérica	40,54%	5,53%	-2,45%	14,23%	19,51%	2,95%	17,60%
África	33,20%	2,27%	0,44%	-0,44%	30,26%	2,71%	2,26%
Europa no OCDE	-34,40%	-6,71%	-22,95%	-5,56%	-3,37%	-28,12%	-32,12%
Oriente Medio	78,51%	2,98%	20,28%	11,23%	29,57%	23,87%	37,78%
<i>Mundo</i>	<i>14,63%</i>	<i>-1,75%</i>	<i>-15,75%</i>	<i>18,63%</i>	<i>16,74%</i>	<i>-17,23%</i>	<i>-1,81%</i>

Fuente: elaboración propia a partir de AIE (2003).

En la Figura 6 y las Tablas 3 y 4 podemos observar que los factores que han experimentado una mayor variación en ambos subperiodos considerados han sido la población y el PIB per cápita, siendo, por tanto, también los principales factores explicativos de la diferente variación de emisiones ocurrida en los distintos países durante el período. Entre 1971 y 2001 la población ha aumentado un 63,21%, mientras que el PIB per cápita lo ha hecho en un 62,6%. Centraremos nuestros comentarios en el período 1990-2001.

El crecimiento de población se ha concentrado en los países menos ricos, si bien, en el caso de China, ha estado por debajo de la media mundial. En cuanto al crecimiento económico, destaca el impresionante crecimiento del PIB per cápita experimentado por China, y en bastante menor grado del resto de Asia, lo que ha conllevado un mayor uso de recursos y energía por parte de estos países.

No obstante, a pesar de que el crecimiento del PIB per cápita de China ha sido más del triple del crecimiento de cualquiera de los otros bloques, destaca el hecho de que no ha sido el país que ha experimentado un mayor porcentaje de aumento de emisiones per cápita ni de emisiones totales⁸. Esto se explica porque la intensidad de emisiones de China se redujo a la mitad entre 1990 y 2001. La disminución en la intensidad energética, que se reduce en un 52%, explica que el 144,24% de crecimiento del producto per cápita se haya traducido "tan sólo" en un 21,31% más de emisiones, mientras que otras zonas con menor crecimiento, como el resto de Asia y Oriente Medio o el Pacífico OCDE, han experimentado mayores incrementos porcentuales en sus emisiones per cápita en la década 1990-2001.

Cabe destacar también el caso de la ex-URSS, donde la reducción en un tercio de su PIB per cápita se ha traducido en una reducción equivalente en sus emisiones. En el caso de Europa OCDE, a pesar de haber experimentado un crecimiento del PIB per cápita del 19%, se ha conseguido reducir el nivel de emisiones per cápita en casi un 4%. Este caso es especialmente destacable por el hecho de que el índice de carbonización ha tenido un papel casi tan relevante como la intensidad energética en la reducción, lo que respondería a una política más activa en la sustitución de combustibles por otros con menor contenido de carbono⁹.

Algunos autores han destacado que el comportamiento de China, y el de otros países que han reducido su intensidad de emisiones, es una muestra de la desvinculación entre crecimiento económico y las emisiones de CO₂. No obstante, hay que tener en cuenta que lo que impacta en el ecosistema no es la intensidad de emisiones del PIB, sino la cantidad total de carbono que se emite a la atmósfera. Siguiendo la terminología de Bruyn y Opschoor (1997) lo importante para el ecosistema no es la desvinculación relativa ("desvinculación débil") entre emisiones y crecimiento económico, es decir que la intensidad de emisiones del PIB sea menor, sino la desvinculación absoluta ("desvinculación fuerte"), es decir, que el aumento del PIB no provoque aumentos del flujo de emisiones a la atmósfera. El fuerte aumento de las emisiones de China y del resto de Asia, así como de las emisiones mundiales, no invitan en exceso al optimismo sobre un impacto más benigno sobre el medio ambiente del crecimiento económico.

⁸ Las emisiones totales en 2000 eran inferiores a las emisiones en 1996, lo que ha llevado a algunos (p.e., al director del Centro de Análisis de Dióxido de Carbono del Departamento de Energía de EE UU, Thomas Boden, *El País*, 17 de febrero de 2005) a expresar dudas sobre si las emisiones de China no son en realidad superiores a las que figuran en las estadísticas oficiales. China ha mejorado su eficiencia, pero ¿tanto como para compensar el impacto del fuerte crecimiento económico?

⁹ En la primera etapa, 1971-1990, también se habría dado una disminución relativa importante del índice de carbonización, en buena parte debido al mayor uso de la energía nuclear. No obstante, los importantes peligros y costes que conlleva esta energía han llevado a su estancamiento desde mediados de los 80, de forma que la continua reducción del índice de carbonización mostraría el uso de combustibles menos problemáticos ambientalmente.

Tabla 5. Variación en los diferentes factores, 1990-2001

	Factores de Kaya						
	Índice carbonización		Intensidad Energética	PIB per cápita	Población	Intensidad emisiones del PIB	Emisiones per cápita
	CO ₂	CO ₂ /E	E/PIB	PIB/P	P	CO ₂ /PIB	CO ₂ /P
Austria	66,63	2,17	154,32	24,49	8,13	334,71	8,20
Bélgica	119,6	2,03	230,42	24,91	10,28	467,10	11,63
Dinamarca	50,45	2,55	143,25	25,76	5,36	365,37	9,41
Finlandia	60,23	1,78	271,21	24,03	5,19	483,00	11,61
Francia	384,85	1,45	190,44	22,89	60,91	275,97	6,32
Alemania	850,16	2,42	182,67	23,34	82,34	442,32	10,32
Grecia	90,15	3,14	173,70	15,08	10,96	545,60	8,23
Irlanda	43,11	2,88	136,08	28,59	3,85	391,62	11,20
Italia	425,27	2,47	133,60	22,22	57,93	330,33	7,34
Luxemburgo	8,41	2,20	199,27	43,68	0,44	437,57	19,11
Holanda	177,48	2,30	193,48	24,88	16,04	444,76	11,06
Portugal	59,05	2,39	148,31	16,58	10,06	354,12	5,87
España	285,6	2,24	172,25	18,36	40,27	386,21	7,09
Suecia	48,05	0,94	236,84	24,22	8,9	222,92	5,40
Reino Unido	540,84	2,30	181,80	22,00	58,79	418,13	9,20
Unión Europea	3.209,88	2,15	177,33	22,22	379,44	380,74	8,46
Coefficiente de variación x 100		23,29	20,82	15,56		20,43	34,65

Fuente: elaboración propia a partir de AIE (2003).

Nota: Emisiones per cápita en toneladas por habitante; Índice de carbonización en toneladas de CO₂ por toneladas energía primaria en equivalente de petróleo; Intensidad energética en toneladas de energía primaria en equivalente de petróleo por millón de dólares de 1995 en poder de paridad de compra; Intensidad de carbono del PIB en toneladas de CO₂ por millón de dólares de 1995 en paridad de poder de compra; PIB per cápita en miles de dólares por habitante de 1995 en paridad de poder de compra. El coeficiente de variación se ha calculado sin ponderar por población, en el caso del PIB per cápita, se ha calculado sin incluir Luxemburgo, debido a que esta observación de un país muy pequeño distorsionaba mucho los resultados (incluyendo Luxemburgo el coeficiente sería del 26,03%).

La Tabla 5 muestra las emisiones per cápita de los diferentes países de la Unión Europea y las descompone en los principales factores determinantes de las mismas. El país con mayores emisiones per cápita, Luxemburgo, sería también el país con una mayor renta per cápita (casi 3 veces la renta per cápita de Grecia, el país más pobre). No obstante, para el resto de países la variabilidad de la renta per cápita es menor de la que se da en los otros factores: el coeficiente de variación es del 15,56% y la renta más alta, 28,59 miles de dólares de Irlanda, es menos del doble de los 15,08 de Grecia. En cambio, se da una mayor variabili-

dad en los otros factores (índice de carbonización e intensidad energética) que llevan a que la intensidad de emisiones del PIB sea muy diferente entre países, oscilando desde los 222,92 de Suecia hasta los 545,60 de Grecia.

Al contrario de lo que pasaba al analizar las emisiones de las distintas zonas del mundo, en la UE se da una mayor variabilidad en el índice de carbonización que en la intensidad energética, como muestra su mayor coeficiente de variación (23,29% frente a 20,82%). El índice de carbonización oscila entre los 0,94 de Suecia y los 3,14 de Grecia, más del triple, mientras que la intensidad energética oscila entre los 133,60 de Italia y los 271,21 de Finlandia, el doble. El principal motivo del menor índice de carbonización de Suecia y Francia sería la alta proporción que representa la energía nuclear respecto al total de energía primaria, siendo también importante el uso de las energías renovables en el caso de Suecia. Mientras que en Grecia e Irlanda se daría una mayor importancia de los combustibles con mayor contenido de carbono. Las diferencias en la intensidad energética responden a diferencias que aún se dan a nivel comunitario en la eficiencia energética, a la diferente especialización productiva de los países, así como también al diferente nivel de desarrollo, modelos de transporte, hábitos sociales, clima, etc.

Tabla 6. Variación de los diferentes factores entre 1971 y 1990

	Factores de Kaya						
	Índice carbonización		Intensidad Energética	PIB per cápita	Población	Intensidad emi- siones del PIB	Emisiones per cápita
	CO ₂	CO ₂ /E	E/PIB	PIB/P	P	CO ₂ /PIB	CO ₂ /P
Austria	15,53%	-12,43%	-23,12%	66,51%	3,07%	-32,68%	12,09%
Bélgica	-9,10%	-25,44%	-25,59%	58,74%	3,21%	-44,52%	-11,93%
Dinamarca	-9,03%	-0,61%	-33,58%	32,97%	3,63%	-33,99%	-12,22%
Finlandia	37,14%	-13,35%	-16,42%	74,95%	8,24%	-27,58%	26,70%
Francia	-18,99%	-44,89%	-12,88%	52,02%	10,99%	-51,99%	-27,01%
Alemania	-1,98%	-15,29%	-27,53%	57,61%	1,30%	-38,61%	-3,24%
Grecia	177,76%	14,59%	55,75%	35,26%	15,06%	78,47%	141,40%
Irlanda	38,49%	-7,37%	-31,76%	86,01%	17,79%	-36,79%	17,58%
Italia	35,51%	1,68%	-23,83%	66,80%	4,90%	-22,55%	29,18%
Luxemburgo	-32,32%	-21,89%	-57,56%	82,66%	11,76%	-66,85%	-39,44%
Holanda	20,47%	-7,05%	-18,90%	41,01%	13,34%	-24,62%	6,29%
Portugal	171,30%	3,24%	28,05%	79,10%	14,58%	32,20%	136,77%
España	70,95%	-19,22%	16,15%	60,34%	13,63%	-6,17%	50,45%
Suecia	-38,57%	-51,98%	-14,20%	41,09%	5,68%	-58,80%	-41,87%
Reino Unido	-10,56%	-11,05%	-34,91%	50,83%	2,41%	-42,10%	-12,67%
Unión Europea	3,22%	-18,90%	-23,06%	55,51%	6,37%	-37,60%	-2,96%

Fuente: elaboración propia a partir de AIE (2003).

Tabla 7. Variación de los diferentes factores entre 1990 y 2001

	Factores de Kaya					Emisiones per cápita	
	Índice de carbonización		Intensidad Energética	PIB per cápita	Población	Intensidad emisiones del PIB	Emisiones per cápita
	CO ₂	CO ₂ /E	E/PIB	PIB/P	P	CO ₂ /PIB	CO ₂ /P
Austria	17,82%	-3,96%	-3,87%	21,35%	5,17%	-7,68%	12,03%
Bélgica	11,89%	-7,66%	-2,89%	21,02%	3,11%	-10,33%	8,52%
Dinamarca	-0,22%	-11,16%	-11,48%	21,68%	4,28%	-21,36%	-4,31%
Finlandia	9,55%	-5,51%	-7,37%	20,34%	4,01%	-12,48%	5,33%
Francia	9,12%	-6,68%	-4,55%	17,00%	4,71%	-10,93%	4,21%
Alemania	-11,82%	-10,53%	-19,00%	17,28%	3,76%	-27,53%	-15,01%
Grecia	27,73%	-1,29%	-1,29%	21,51%	7,87%	-2,56%	18,40%
Irlanda	42,47%	0,52%	-33,09%	93,11%	9,69%	-32,74%	29,88%
Italia	6,30%	-5,72%	-5,21%	16,47%	2,13%	-10,64%	4,08%
Luxemburgo	-19,68%	-25,13%	-36,87%	46,76%	15,79%	-52,73%	-30,63%
Holanda	12,94%	-2,74%	-13,96%	25,79%	7,29%	-16,32%	5,27%
Portugal	49,08%	3,44%	8,08%	31,22%	1,62%	11,81%	46,71%
España	38,30%	-0,97%	4,57%	28,88%	3,63%	3,55%	33,46%
Suecia	-6,10%	-14,15%	-10,59%	17,67%	3,97%	-23,24%	-9,68%
Reino Unido	-3,48%	-12,91%	-13,63%	25,02%	2,64%	-24,78%	-5,96%
Unión Europea	3,15%	-8,49%	-10,19%	20,95%	3,76%	-17,81%	-0,59%

Fuente: elaboración propia a partir de AIE (2003).

En cuanto a la evolución de los diferentes factores nos centraremos en el período 1990-2001. Destaca el hecho de que el crecimiento en el PIB per cápita ha sido compensado por el buen comportamiento de la intensidad energética y el índice de carbonización en la gran mayoría de países. Únicamente en dos países ha aumentado la intensidad de emisiones del PIB, en España debido a un incremento de la intensidad energética, y en Portugal, donde ha aumentado tanto la intensidad energética como el índice de carbonización. Esto sirve de muestra de lo poco que se ha hecho en España para controlar las emisiones. Destaca el hecho de que en varios países europeos el comportamiento del índice de carbonización ha sido tan importante o más que el de la intensidad energética, lo que muestra un esfuerzo por parte de estos países de avanzar hacia una combinación menos contaminante de fuentes de energía, especialmente en los años 90, en los que también se estanca la importancia de la energía nuclear. Por último, cabe comentar que en Europa, el factor población ha tenido una escasa importancia relativa, dado el moderado crecimiento demográfico experimentado por prácticamente la

totalidad de países.

Los esfuerzos en mejorar la eficiencia energética deben ayudar a disminuir las emisiones en el futuro, si bien las diferencias entre países responden en buena parte a las diferentes especializaciones productivas. Las diferencias y los cambios en la intensidad energética pueden ser causados por muchos más factores que los cambios en el índice de carbonización, que básicamente responde a la combinación de fuentes de energía utilizadas. No obstante, el camino por recorrer en la sustitución de combustibles fósiles por fuentes de energía alternativas es aún enorme, además de que es inevitable que esta sustitución se produzca en algún momento del futuro. Los mercados de emisiones, imponiendo progresivamente mayores limitaciones a los niveles de emisiones, o los impuestos energéticos, que han sido propuestos en el pasado en numerosas ocasiones en la Unión Europea (ver Padilla y Roca, 2003)¹⁰, podrían facilitar el cambio de combustibles, así como también reducir el uso de energía debido a su mayor precio relativo, teniendo mayor o menor impacto en función de las facilidades que se ponen para el desarrollo de energías limpias o de sistemas de transporte público que sustituyan al transporte por carretera.

3. Conclusiones

En el presente trabajo se ha analizado la evolución de las emisiones de CO₂ para el período 1971-2001, prestando especial atención a lo ocurrido desde 1990, año de referencia en el protocolo de Kyoto para este gas. La evolución relativamente moderada del conjunto de los países del Anexo 1, facilitada por la caída de emisiones del antiguo bloque soviético, se ha visto compensada por un fuerte aumento en las emisiones de los países que no pertenecen al Anexo 1. Actualmente nos encontramos más lejos de los objetivos del protocolo que en 1997, cuando se firmó el acuerdo.

Se ha desarrollado un análisis de los factores explicativos de las diferencias en el nivel de emisiones y su evolución en las diferentes zonas. Las importantes diferencias regionales en las emisiones per cápita se explicarían en gran medida por las diferencias en el producto per cápita de las diferentes regiones. También se ha destacado que las distintas zonas tienen una intensidad de emisiones del PIB muy diferente, que responde sobretodo a las diferencias en la intensidad energética de sus economías. En cuanto a la evolución de las emisiones de CO₂, los principales factores determinantes de su aumento han sido los crecimientos del PIB per cápita y de la población, especialmente en las regiones económicamente menos desarrolladas. No obstante, éstos se han visto compensados parcialmente por la fuerte reducción de la intensidad energética que han experimen-

¹⁰ Será muy difícil que en el futuro se pueda avanzar en este sentido, al recogerse en la llamada "constitución europea" lo que ya existía: el requerimiento de unanimidad en la adopción de medidas sobre fiscalidad a nivel comunitario.

tado algunas economías, como es el caso de China. En el caso de la Unión Europea, cabe destacar la mayor importancia relativa del índice de carbonización, tanto para explicar las diferentes emisiones per cápita, como para explicar la diferente variación de emisiones experimentadas en los distintos países. Esto indica que en el resto de países existe un importante potencial de reducción de emisiones mediante políticas que fomenten la sustitución de combustibles fósiles.

Nuestro trabajo ha consistido en un ejercicio descriptivo. Una comprensión más profunda del problema exige analizar con detalle los condicionantes que llevan a la diferente evolución de los factores mencionados. Este debe servir para facilitar el estudio de las medidas y políticas que permitan, por un lado, reducir las emisiones de los países más desarrollados sin que esto implique una reducción de su bienestar y, por otro lado, hacer compatible el futuro desarrollo económico de las zonas que más lo necesitan con un control y estabilización de sus emisiones.

Bibliografía

- ANG, B.W. (1999A): "Is the energy intensity a less useful indicator than the carbon factor in the study of climate change?", *Energy Policy*, Vol. 27, pp. 943-946.
- ANG, B.W. (1999B): "Decomposition methodology in energy demand and environmental analysis", en Berg, J.C.J.M. van den *Handbook of Environmental and Resource Economics*. Edward Elgar, Cheltenham, pp. 1149-1163.
- ANG, B.W. Y LEE, S.Y. (1996): "Decomposition of industrial energy consumption: the energy coefficient approach", *Energy Economics*, Vol. 16, pp. 129-143.
- BRUYN, S. M. DE Y OPSCHOOR, J. B. (1997): "Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations", *Ecological Economics*, Vol. 20, pp. 255-268.
- ESTEBAN MARQUILLAS, J.M. (1972): "A reinterpretation of shift-share analysis", *Regional and Urban Economics*, Vol. 2, pp. 249-255.
- EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (EEA) (2004): *Greenhouse Gas Emission Trends and Projections in Europe 2004. Progress by the EU and Member States towards achieving their Kyoto Protocol Targets*, EEA, Copenhagen. Disponible en: http://reports.eea.eu.int/eea_report_2004_5/en/GHG_emissions_and_trends_2004.pdf
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) (2003): *CO₂ Emissions from Fuel Combustion*, OCDE, París.
- KAYA, Y. (1989): "Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios", paper presented to the Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, Intergovernmental Panel on Climate Change, París, Francia.
- MIELNIK, O. Y GOLDEMBERG, J. (1999): "The evolution of the "carboniza-

- tion index" in developing countries", *Energy Policy*, Vol. 27, pp. 307-308.
- OECD (2001): *OECD Environmental Outlook*, OECD, Paris, disponible en: <http://www.oecd.org/dataoecd/51/6/2088589.pdf>
- PADILLA, E. Y ROCA, J. (2003): "Las propuestas para un impuesto europeo sobre el CO₂ y sus potenciales implicaciones distributivas entre países", *Revista de Economía Crítica*, n. 2, diciembre, pp. 5-24.
- ROCA, J. Y ALCÁNTARA, V. (2002): "Economic growth, Energy Use, and CO₂ emissions", en Blachwood, J.R. (Ed.) *Energy Research at the Cutting Edge*. Nova Science Publishers, Nueva York, pp. 123-134.
- ROCA, J. Y PADILLA, E. (2004): "Emisiones atmosféricas y crecimiento económico en España: la curva de Kuznets ambiental y el Protocolo de Kyoto", *Economía Industrial*, n. 351, (número monográfico: *Ecología Industrial y Desarrollo Sostenible: Perspectivas nacional, regional y urbana*), pp. 73-86.
- SUN, J.W. (1998): "Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition model", *Energy Economics*, Vol. 20 (1), pp. 85-100.
- YAMAJI, K., R. MATSUHASHI, NAGATA, Y. Y KAYA, Y. (1991): *An Integrated Systems for CO₂/Energy/GNP Analysis: Case Studies on Economic Measures for CO₂ Reduction in Japan*. Workshop on CO₂ Reduction and Removal: Measures for the Next Century, 19–21 March 1991. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

LA DIRECTIVA SOBRE EL MERCADO DE DERECHOS DE EMISIÓN EN LA UE Y SUS EFECTOS SOBRE LOS SECTORES PRODUCTIVOS ESPAÑOLES

Pablo del Río González*

Fecha de recepción: 10 de marzo de 2005

Fecha de aceptación y versión final: 21 de abril de 2005

Resumen: La Directiva 87/2003/EC, por la que se establece un sistema de comercio de emisiones de CO₂ en la UE a partir del 1 de enero de 2005 constituye la primera y mayor experiencia internacional de este tipo en el mundo. Aunque hay que alabar la valentía política para implantar un sistema así, la necesidad de llegar a una solución de consenso entre los distintos actores implicados ha quedado reflejada en las opciones de diseño del sistema.

Aunque, en general, puede considerarse que el sistema diseñado ha logrado un buen equilibrio entre criterios potencialmente en conflicto tiene, no obstante, puntos fuertes y puntos débiles, probablemente como consecuencia de intentar mantener ese difícil equilibrio. En este artículo se ha realizado un análisis crítico de las características fundamentales del sistema de comercio de derechos europeo teniendo en cuenta los criterios considerados por la literatura teórica y empírica del comercio de emisiones, señalándose los que, a priori, parecen ser sus puntos más problemáticos. El artículo se complementa con un estudio general sobre su impacto económico en los sectores españoles.

* Dept. de Economía y Empresa. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales de Toledo. Universidad de Castilla-La Mancha. E-mail: pablo.rio@uclm.es

Palabras clave: Comercio de emisiones de CO₂, España, cambio climático, sistema europeo de comercio de derechos de emisión.

Abstract: The 87/2003/EC, which sets up a CO₂ emissions trading scheme in the EU (EU ETS) starting on January 1st 2005, represents the first and most relevant international experience of this sort in the world. The political courage to implement this system should be praised. The need to reach a compromise between a wide array of actors with different interests and strategies is reflected in the major design features of the system. Although the design of the system can be generally considered as reaching a good balance between potentially conflicting criteria, it has its strong and weak points. This is probably a consequence of the effort to reach such compromise. This paper analyses the major features of the EU ETS in the light of the major criteria put forward by the theoretical and empirical literature on emissions trading. The most problematic aspects are considered. This is complemented by a general analysis of the economic impact of the EU ETS on Spanish sectors.

Key words: CO₂ emissions trading, Spain, climate change, EU ETS.

1. Introducción

La posibilidad, cada vez más documentada, de que el cambio climático esté causado por el hombre ha provocado que la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI) sea un objetivo político internacional de primera magnitud. A nivel mundial esto se ha plasmado en la firma del Protocolo de Kyoto en 1997, que entrará en vigor el 16 de febrero de 2005. La UE ha tomado el liderazgo internacional en esta cuestión. Además de ratificar el Protocolo de Kyoto, aprobó la Directiva 2003/87/CE, que obliga a determinados sectores a controlar sus emisiones de CO₂ desde el 1 de enero de 2005, de forma que su evolución sea compatible con el objetivo de Kyoto. Esta Directiva crea un sistema intraeuropeo de comercio de derechos de emisión para que el cumplimiento de los compromisos de control de las emisiones sea menos costoso que si se utilizasen otros ins-

trumentos. Este mecanismo aporta flexibilidad a las empresas en ese cumplimiento y permite que aquellas con un mayor coste de reducción de las emisiones reduzcan menos y que reduzcan más aquellas a las que les resulta más barato, siendo recompensadas por aquellas por esa reducción. Si el sistema se diseñase adecuadamente, permitiría reducir los costes totales de control de la contaminación con respecto a otras alternativas regulatorias.

El diseño del sistema europeo muestra un difícil equilibrio entre posiciones encontradas y criterios en conflicto (integridad ambiental, coste económico bajo y aceptabilidad y viabilidad política, entre otros)¹. Las opciones de diseño finalmente elegidas reflejan precisamente la necesidad de llegar a un acuerdo entre los distintos actores implicados. No obstante, desde el punto de vista del adecuado funcionamiento del sistema, algunas de las opciones elegidas pueden considerarse más afortunadas que otras. En este trabajo se realiza un análisis crítico de las características fundamentales del sistema europeo, señalándose las que, a priori, parecen ser más problemáticas teniendo en cuenta la teoría y práctica de los sistemas de comercio de emisiones, que permiten deducir una serie de condiciones que los sistemas deben cumplir para lograr su correcto funcionamiento. Finalmente se aporta, a título meramente ilustrativo, un estudio sobre el impacto en los sectores españoles.

2. Análisis de la Directiva

La Directiva europea de CO₂ crea el mayor mercado internacional de emisiones de CO₂. La implantación de este mercado supone un desafío político en toda regla y su correcto funcionamiento será muy importante para la evolución del posible mercado internacional de emisiones previsto en el Protocolo de Kyoto. El fracaso de este sistema daría un argumento de peso para que aquellos países que aún no han ratificado el Protocolo decidan definitivamente no hacerlo. Además, aquellos países que se están planteando aplicar un sistema nacional de comercio de derechos de emisión para controlar sus emisiones podrían optar por otra política alternativa para controlar las mismas.

En esta sección trataremos de responder a las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las principales características del sistema europeo de comercio de derechos de emisión (SECE)? ¿Son los elementos de diseño de ese sistema los que la teoría y la práctica del comercio de derechos de emisión defiende como adecuados para permitir un correcto funcionamiento del sistema?.

2.1.- Principales características de la Directiva de CO₂ y de la Directiva de Vinculación

La siguiente tabla resume las principales características del SECE.

¹ El criterio de integridad ambiental consiste en la consecución de los límites de emisión previamente fijados.

Tabla 1. Principales características del SECE

Aspecto	Contenido	Artículo
Tipo de sistema	Sistema de comercio de derechos de emisión entre instalaciones (tipo cap and trade). Participantes obligados: enfoque "hacia abajo" (downstream). Consideración de las emisiones directas, no de las indirectas.	
Comienzo del sistema y periodos de cumplimiento	Comienzo el 1/1/2005. Primera fase: 2005-2007. Segunda fase: 2008-2012.	Art. 4 y 11
Permisos y derechos	"Derechos" son las autorizaciones para emitir una tonelada de CO ₂ . El "permiso" es la autorización general para participar en el comercio de derechos.	Art.3 (a y d), 5 y 6.
Sectores incluidos	Emisiones de grandes instalaciones de 6 sectores (que reciben derechos): generación eléctrica, refinero, siderurgia, cemento, cal, vidrio, cerámica y pasta de papel, papel y cartón. Existen ciertos umbrales de capacidad a partir de los cuales la participación es obligatoria (anexo I de la Directiva).	Art.2, 24 y 30. Anexo I
Gases incluidos	Primer periodo (2005-2007): CO ₂ (46% de las emisiones de CO ₂ de la UE previstas para 2010). Segundo periodo: posibilidad de ampliación a otros GEI. 12.500 instalaciones participantes.	Anexo I y II. Art.24 y 30
Inclusión de gases y actividades adicionales	A partir de 2008, los Estados Miembros (EEMM) podrán aplicar el régimen de comercio de derechos de emisión a actividades, instalaciones y GEI no enumerados en el anexo I, siempre que la Comisión lo apruebe. A partir de 2005 los Estados miembros podrán aplicar el régimen de comercio de derechos de emisión a las instalaciones de las actividades enumeradas en el anexo I por debajo de los límites de capacidad contemplados en ese anexo.	Art. 24 y 30
Asignación	-Asignación gratuita (excepto un máximo del 5% de los derechos, que pueden subastarse en el primer periodo y un máximo de 10% en el segundo). -Los EEMM debían presentar un Plan Nacional de Asignación (PNA) a la Comisión Europea antes del 31 de marzo de 2004, que fijará la cantidad total de derechos que los EEMM asignarán en cada periodo y el método de asignación. El PNA deberá basarse en criterios objetivos y transparentes y tener en cuenta las observaciones del público. El anexo III establece una serie de criterios comunes de asignación. La Comisión puede rechazar los PNAs si no se siguen esos criterios.	Art.9, 10,, 11 y 12, Anexo III. Véase, también, CEC (2003b) y CEC (2004c).
Objetivos de reducción	Los objetivos de reducción de emisiones dependen de la asignación que cada país realice, teniendo en cuenta los compromisos respectivos del Acuerdo de Reparto de la Carga (BSA).	Anexo III

Entrega de derechos	Cuatro meses después de cada año. Estos derechos serán cancelados.	Art.12 y 13
Sanciones	-40 € la tonelada (primer periodo) y 100 € la tonelada (segundo periodo). -"El pago de la multa por exceso de emisiones no eximirá al titular de la obligación de entregar una cantidad de derechos de emisión equivalente a la de las emisiones en exceso". -Deben publicarse los nombres de los titulares que hayan infringido la obligación de entregar derechos de emisión suficientes.	Art.16
Depósito (banking) y préstamo (borrowing)	-"Depósito intraperiodo": permitido, pues "los derechos serán válidos durante el periodo para el que se han expedido". -"Depósito interperiodo": permitido sólo si los EEMM así lo deciden (es decir, estos pueden decidir que los derechos expedidos en el primer periodo pueden utilizarse en el segundo periodo 2008-2012). -Préstamo: no permitido (véase texto).	Art.13
Opt-in (participación voluntaria).	Sólo permitida en el caso de instalaciones de los sectores del Anexo I que estén por debajo de los mínimos de participación obligatoria.	Art.24
Opt-out (exclusión temporal de las instalaciones).	Para el primer periodo, los EEMM podrán solicitar a la Comisión que haya instalaciones que queden excluidas con carácter temporal del SECE. Las instalaciones limitarán sus emisiones en la misma medida que si estuvieran sujetas a la Directiva y estarán sujetas a sanciones equivalentes a las de la Directiva.	Art. 27
Agrupación de instalaciones (pooling)	Los EEMM pueden permitir que los operadores de las instalaciones del Anexo I formen un pool de instalaciones de la misma actividad.	Art. 28
Fuerza mayor	Durante el primer periodo, los EEMM podrán solicitar a la Comisión que se asignen derechos de emisión adicionales a determinadas instalaciones en caso de fuerza mayor.	Art. 29
Directrices para el control, notificación y verificación de las emisiones.	La Comisión ha adoptado directrices para el control y notificación de las emisiones (véase CEC 2004a). Los EEMM deben asegurar que cada operador notifica anualmente las emisiones de la instalación a la autoridad. La Comisión delega la verificación de las emisiones en los EEMM, quienes pueden utilizar una institución pública o un tercero independiente para realizar esa tarea. Si eligen esta última opción, los EEMM deben certificar que los verificadores independientes están cualificados para verificar las emisiones. La Directiva no establece estándares obligatorios para esta certificación. Los titulares cuyo informe verificado no haya sido considerado satisfactorio no podrán proceder a nuevas transferencias de derechos.	Art.14 y Anexo IV (control y notificación), Art.15, Anexo V (verificación) y CEC (2004a).
Registros	Los EEMM deberán establecer y mantener un registro para asegurar que se lleva cuenta exacta	Art.19

	de la expedición, la titularidad, la transferencia y la cancelación de derechos de emisión. Los Estados miembros podrán incorporar sus registros a un sistema consolidado del que formen parte otros EEMM. La Comisión operará un archivo electrónico independiente para verificar la transferencia de derechos entre registros nacionales.	
Vínculos con otros sistemas de comercio de GEI.	Pueden celebrarse acuerdos con terceros países del Anexo B que hayan ratificado el Protocolo, para establecer el reconocimiento mutuo de los derechos de emisión.	Art.25
Vínculos con los Mecanismos Flexibles de Kyoto	Vínculo con el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y con la Aplicación Conjunta (AC)(véase más abajo).	Art.30

Fuente: elaboración propia a partir de CEC (2003a), Harrison and Radov (2002), IETA (2003) y CEC (2004b).

La Directiva de vinculación, adoptada el 20/4/2004 establece la relación entre el SECE y el Protocolo de Kyoto. Desde 2005, las instalaciones cubiertas por la Directiva pueden utilizar CERs (créditos obtenidos por la reducción de emisiones en proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio realizados en países en desarrollo) para cumplir con sus compromisos de reducción². Cada Estado Miembro puede establecer una limitación a la cantidad total de CERs que una instalación puede utilizar en el periodo 2008-2012, aunque no en el periodo 2005-2007³. Los EEMM deben garantizar que las actividades de reducción en su propio país constituyen un "elemento significativo" de su estrategia de mitigación (suplementariedad). Además, se prohíbe la utilización de créditos obtenidos en grandes proyectos hidráulicos (>20 MW) y en proyectos de energía nuclear y de sumidero.

2.2. Evaluación de la Directiva a la luz de la teoría y práctica del comercio de emisiones

2.2.1.- La condiciones teóricas para el buen funcionamiento del comercio de emisiones

Los sistemas de comercio de derechos de emisión son superiores en teoría a otros sistemas de control de las emisiones, en tanto en cuanto aportan flexibilidad a la empresa en el cumplimiento de sus objetivos de control de las emisiones y permiten lograr los objetivos de reducción a un coste inferior al de otras alternativas (véase, por ejemplo, Field y Field 2003). Esto ocurre porque el sistema

² Asimismo, pueden utilizar ERUs (créditos por la reducción de emisiones lograda en proyectos de Aplicación Conjunta realizados en países desarrollados) a partir de 2008.

³ Esta limitación, prevista por la Directiva 101/2004/EC, puede establecerse en el Plan Nacional de Asignación correspondiente al segundo periodo de cumplimiento.

permite reducir menos a las empresas a las que más les cuesta reducir y reducir más a aquellas a las que les cuesta menos, permitiendo también que las primeras compensen a las segundas por esa reducción y ambas salgan beneficiadas⁴.

Sin embargo, que finalmente se alcance ese resultado depende del cumplimiento de determinadas condiciones. En general, un buen funcionamiento del sistema de permisos de CO₂ depende de que el número de participantes sea lo suficientemente alto para que exista un mercado competitivo, líquido y con transacciones frecuentes, con ausencia de restricciones a los intercambios y reglas claras y simples. Además, cuanto más diferencia entre los costes de reducción de las emisiones de las empresas participantes mayores serán los potenciales beneficios derivados del comercio de derechos de emisión y, por lo tanto, mayor el ahorro de costes de este sistema con respecto a otras alternativas de regulación, tales como los estándares de emisiones. Los costes de transacción del sistema deben ser bajos para que las empresas acudan al mercado y se facilite la realización de transacciones⁵.

Un aspecto muy importante es el de la fijación del techo inicial de las emisiones, que debe ser el adecuado (ni excesivamente ambicioso ni demasiado laxo), teniendo en cuenta varios factores, entre ellos las alternativas tecnológicas y la forma de las curvas de costes marginales de reducción de las emisiones.

Resulta crucial, tanto para la integridad ambiental del sistema como para su eficiencia en costes (y la confianza de los participantes en el mercado), que haya un eficaz control de las emisiones reales y de las reducciones de cada participante, asegurando que estos tienen suficientes permisos para cubrir sus emisiones. Para lograr el cumplimiento de estas condiciones, es necesario incorporar una serie de elementos básicos de diseño:

1) Deben existir reglas de cumplimiento adecuadas: A) Existencia de un sistema de control, notificación y verificación de las emisiones adecuado y completo. B) Registro electrónico de las emisiones y de los derechos de emisión. Deberían registrarse todas las fuentes emisoras, la cantidad de emisiones, la transferencia de derechos, su precio, las fechas de las transacciones y la fecha de caducidad de los derechos no utilizados. C) Existencia de una autoridad que supervise el sistema y el mercado. Esta autoridad debería aprobar el sistema de control, comprobar la credibilidad de los informes, emitir los derechos y realizar las inspecciones. D) Penalizaciones por incumplimiento automáticas, ciertas, ineludibles y rigurosas. E) Acceso público a datos de emisiones y transacciones de

⁴ Por razones de espacio no describimos en detalle el funcionamiento del sistema, remitiéndonos a la abundante literatura existente sobre el tema, que tiene sus orígenes teóricos más remotos en el trabajo de Ronald Coase (1960) y, de manera más centrada en el comercio de derechos de emisión, en los trabajos de Tietenberg, entre otros. Véase, por ejemplo, Tietenberg (1980) y, más recientemente, Field y Field (2003) o del Río y Hernández (2004a).

⁵ Los costes de transacción incluyen los costes de búsqueda, de las negociaciones, costes de aprobación por parte de la autoridad reguladora, costes de control, costes de ejecución y costes de los seguros (Stavins 1995),

derechos (Kruger y Pizer 2004; Mavrakis y Konidari 2003).

2) Para favorecer la realización de transacciones y la liquidez del sistema, es necesario que las autoridades públicas establezcan regulaciones claras y sencillas y que faciliten el intercambio, interfiriendo lo menos posible en el mercado una vez creado.

3) Deben reducirse al mínimo los costes de transacción para la empresa. La información sobre los precios debe ser pública y disponible (bases de datos electrónicas sobre compradores y vendedores) para que las transacciones sean frecuentes y el mercado tenga liquidez.

4) Debe evitarse el poder (y control) del mercado por un número pequeño de participantes. Para ello debe existir una masa crítica de potenciales compradores y vendedores de permisos. Los sistemas de derechos de emisión deben incluir empresas de diferentes sectores, para mitigar su utilización como barrera de entrada al mercado y para facilitar la eficiencia en costes.

5) La utilización de los procedimientos de depósito (banking) y préstamo (borrowing) permite incrementar la flexibilidad y la eficiencia intertemporal en el cumplimiento de los objetivos de reducción de las emisiones⁶. El depósito permite reducir el riesgo de volatilidad del precio de los derechos de emisión, aunque puede también provocar otros problemas (véase siguiente sección). El uso del préstamo debe limitarse, pues puede tener perjudiciales efectos ambientales al facilitar el incumplimiento crónico de las fuentes emisoras.

6) Para reducir los costes de transacción y las incertidumbres asociadas a los PENs, el gobierno debe garantizar el derecho de propiedad de los permisos, y evitar así tanto confiscaciones arbitrarias como autorizaciones previas para cada transacción. Las reglas que gobiernan el comercio de derechos deben fijarse definitiva y anticipadamente, para garantizar la seguridad en la planificación de las inversiones de las empresas.

7) Aunque desde el punto de vista de la eficiencia económica agregada es más conveniente la asignación con subasta, reciclando los ingresos a las fuentes emisoras para reducir las cargas impositivas sobre el factor trabajo (teoría del doble dividendo), los problemas de viabilidad política se reducen mucho con el método de concesión gratuita. Aún en los casos de concesión gratuita de permisos, conviene subastar un cierto porcentaje de los mismos (por ejemplo, un 2 ó un 3%), generando así una señal sobre su precio que reduzca los costes de transacción y las incertidumbres del mercado.

El incumplimiento de las condiciones anteriores y la falta de integración de los elementos mencionados en el diseño del sistema pueden provocar importantes problemas que, en última instancia, den lugar a un fracaso del mismo, tanto en su vertiente ambiental (integridad ambiental) como económica (eficiencia en

⁶ El depósito consiste en la posibilidad de utilizar los derechos de emisión emitidos en un determinado año para cumplir con los compromisos de control de las emisiones en un año posterior. Por el contrario, el préstamo consiste en la posibilidad de utilizar derechos de emisión que le serán concedidos a la empresa en un año futuro para cumplir con compromisos de reducción anteriores en el tiempo a ese año futuro.

costes). Los problemas más graves son los costes de transacción y el poder de mercado.

2.2.2.- La condiciones teóricas para el buen funcionamiento del comercio de emisiones

* **Sistemas de cap and trade frente a sistemas credit-based.** Existen básicamente dos tipos de sistemas de comercio de derechos de emisión, los denominados cap-and-trade y credit based. En el primero se establece un techo a las emisiones y se crean derechos por las emisiones correspondientes a ese techo que se reparten entre las fuentes emisoras. Al final del periodo estas deberán tener tantos derechos como emisiones hayan generado, pudiendo vender o comprar permisos en el mercado en función de cual sea su situación (deficitaria o excedentaria). En un sistema de credit-based cada instalación debe tener unas emisiones inferiores a las de una línea base previamente definida. Los participantes reciben créditos de emisión por las reducciones de emisiones logradas por debajo de esa línea base, pudiendo entonces la instalación vender esos créditos en el mercado (Mavrakis y Konidari 2003; Gagelmann y Hansjürgens 2002).

Los sistemas de credit-based han demostrado tener altos costes de transacción, pues es necesario demostrar, para cada proyecto de reducción de emisiones, que se ha logrado esa reducción por debajo de la línea base. Esa comprobación provoca que la carga administrativa sea sensiblemente superior en este sistema. Además, la fijación de la línea base puede dar lugar a conflictos entre el gobierno y los sectores participantes, pues existen varias alternativas en ese sentido (Mavrakis y Konidari 2003). Este problema es ajeno a los sistemas de cap and trade⁷.

El SECE es un sistema de cap-and-trade. Se establecen objetivos de reducción de emisiones, los derechos pueden comprarse y venderse y las fuentes emisoras deben tener suficientes derechos para cubrir sus emisiones. Tal elección supone para nosotros un acierto por los motivos mencionados.

* **Objetivo de reducción.** Este es probablemente uno de los aspectos más problemáticos de la Directiva, pues cada país tiene cierta libertad para conceder derechos a sus instalaciones (con las limitaciones mencionadas), lo cual puede conducir a problemas de competitividad entre las mismas. No obstante, la Comisión establece una serie de reglas obligatorias para realizar esa asignación.

Existe un incentivo innato a que cada país realice una asignación de derechos generosa pues, teniendo en cuenta la incertidumbre sobre la asignación de los demás, los países buscan reducir el impacto económico en sus sectores, lo cual se logra concediendo más derechos. Hasta la publicación de los NAPs no se ha sabido cuales eran los objetivos de reducción de cada país y, por lo tanto, la incertidumbre sobre el objetivo de reducción global para la UE en el periodo 2005-2007 ha generado incertidumbre sobre el precio de los derechos. La asignación

⁷ La incertidumbre relativa a la fijación de la línea base en los sistemas de credit-based americanos generó un aumento de los costes de transacción y desincentivó la realización de intercambios (Convery et al 2003).

nación generosa correspondiente provoca poca escasez en el mercado de derechos (baja liquidez) y, por lo tanto, un precio bajo. Consideramos que esto puede tener un efecto positivo para las empresas participantes: reduce los costes de cumplimiento. Pero tiene un efecto negativo general: reduce el atractivo de introducir tecnologías limpias⁸.

Por otro lado, aunque en el preámbulo de la Directiva se menciona un objetivo "a más largo plazo" del 70% respecto a los niveles de 1990, a día de hoy no se han fijado los objetivos de reducción de la UE, de sus EEMM ni de ningún país con posterioridad a 2012 (periodo "post-Kyoto"). Esto genera incertidumbre y tiene efectos negativos sobre la inversión en tecnologías menos contaminantes, caracterizada por largos periodos de retorno.

* **Comienzo del sistema.** La implantación del SECE se ha realizado en un tiempo récord. Desde la aprobación del Green Paper sobre comercio de emisiones en la UE en 2000 hasta la aprobación de la Directiva en 2003 han pasado únicamente 3 años y ni siquiera 5 hasta el comienzo real del sistema, el 1 de enero de 2005. Algunas empresas han criticado esta rapidez, argumentando que, en sectores intensivos en capital como son los incluidos en la Directiva, las inversiones sólo se recuperan en periodos largos de tiempo y que la nueva Directiva les genera costes de encallamiento (stranded costs) pues realizaron sus inversiones con unas reglas de juego que ahora han cambiado. Por ello, sostienen que, cuando dichas inversiones no se han amortizado todavía, se les exige un esfuerzo de cambio tecnológico.

* **Upstream versus downstream.** Existen básicamente dos formas de establecer los sectores que deben participar en el comercio: un sistema "hacia arriba" (upstream) y un sistema "hacia abajo" (downstream). En el primero, se obliga a los productores e importadores de combustibles fósiles a tener un número de derechos de emisión equivalente al volumen de emisiones generadas por los combustibles que venden en el mercado⁹. En el sistema downstream el grupo objetivo es el de los emisores. El SECE ha optado por un sistema downstream¹⁰.

La mayoría de los expertos prefieren el sistema "upstream", pues aborda directamente el problema del control de las fuentes difusas (hogares y transporte), así como el de las pequeñas empresas excluidas del sistema downstream ya que con este último sería caro (y poco fiable) controlarlas (Boemare y Quirion 2001). Esta inclusión de más fuentes en el sistema upstream incrementa la eficiencia del mismo con respecto a uno downstream. Sin embargo, la aplicación del sistema downstream es más viable. Un sistema de upstream hubiera tenido problemas de aceptabilidad política, al parecerse excesivamente a un impuesto (Boemare y Quirion 2001; Gagelmann y Hanjürgens 2002) pues genera un incremen-

⁸ Pues la introducción de estas depende de que se alcance un umbral de rentabilidad muy dependiente del precio de los derechos de emisión.

⁹ Aquellos que produzcan (o importen) combustibles más contaminantes deberán entregar más derechos (por unidad de producto) que aquellos que produzcan combustibles menos contaminantes.

¹⁰ No obstante, Harrison y Radov (2002) defienden que el SECE es un sistema mixto downstream-upstream pues se incluye a fuentes de combustión "downstream" y a productores energéticos "upstream".

to del precio de los combustibles (los usuarios de combustible pagan más por el combustible que consumen), lo que implica un mayor coste para los emisores que en un sistema de downstream¹¹. En este último sistema el comprador sólo paga por la cantidad de derechos de emisión que le faltan para cumplir con sus compromisos, mientras que en el sistema upstream paga por toda su compra de combustible (a un precio incrementado en la proporción correspondiente al contenido contaminante de ese combustible)¹². Por lo tanto, valoramos positivamente la elección de un sistema downstream.

* **Empresas y sectores participantes.** La decisión sobre que sectores y fuentes contaminantes incluir en un sistema de comercio de derechos de emisión no resulta fácil, pues existen muchas variables que pueden entrar en conflicto. Por ejemplo, la eficiencia en costes del sistema y la liquidez del mismo serán mayores cuando más fuentes emisoras se incluyan, pues en ese caso aumentarán los beneficios del comercio de emisiones como consecuencia de las mayores diferencias entre los costes marginales de reducción de los sectores. Además, la integridad ambiental del sistema será en principio mayor, en tanto en cuanto un mayor número de fuentes emisoras deberán controlar sus emisiones. Sin embargo, incluir un gran número de fuentes puede aumentar sensiblemente los costes de transacción del sistema, pues los costes de control se disparan.

En el SECE se ha optado por un sabio camino intermedio. Se ha incluido a las mayores fuentes emisoras. El sistema de comercio supone el 46% de las emisiones de CO₂ previstas para 2010 y el 38% del total de GEI en ese año. Esto ha permitido cubrir una gran proporción de las emisiones de la UE sin incurrir en los costes de transacción elevadísimos que implicaría incluir más fuentes emisoras. Es decir, se ha buscado un equilibrio entre eficiencia en costes del sistema y bajos costes de transacción del mismo.

* **Incorporación de otros sectores/instalaciones/gases.** Un aspecto positivo del SECE es su aplicación gradual, pues se inicia incluyendo sólo a las más importantes fuentes emisoras, las más fáciles de controlar, permitiendo que posteriormente (2008-2012) puedan integrarse otras fuentes. La inclusión de fuentes contaminantes adicionales incrementaría la eficiencia en costes del sistema, aumentando los potenciales ahorros de emisiones. Lo mismo puede decirse de la inclusión posterior de otros GEI diferentes al CO₂.

* **Opt-in/opt-out.** La cláusula de opt-in permite que una empresa participe en el sistema de forma voluntaria, recibiendo tanto un objetivo de reducción como una asignación de derechos. La ventaja del opt-in es que permite participar a fuentes emisoras adicionales a las en principio incluidas en el sistema, incre-

¹¹ El enfoque upstream establece un techo al mercado de combustibles fósiles. Si la demanda de estos es inelástica a corto plazo, los precios pueden incrementarse significativamente, lo que afecta negativamente a todos los consumidores. Para estos últimos, un enfoque de upstream es similar a un impuesto sobre el carbono, pero con un nivel impredecible del impuesto.

¹² Obviamente, si los derechos de emisión se conceden a las empresas que producen o importan combustibles fósiles entonces los consumidores sufrirán mayores precios de los combustibles sin ser compensados por ello. Si los derechos se asignan a los consumidores finales, entonces los productores e importadores de combustibles fósiles se verán perjudicados (pues su demanda se reducirá) sin ser compensados por ello.

mentando su liquidez. El problema es que este sistema puede producir un "sesgo de fuente", incentivando la participación de instalaciones que reducirían las emisiones de todas formas y que recibirían un ingreso extraordinario (windfall profit), sin que esa participación suponga una reducción adicional de las emisiones. El opt-in se permite en el SECE sólo para las instalaciones de los sectores del Anexo I que estén por debajo de los límites establecidos para las mismas, siempre que así lo decida el Estado Miembro. Si se permite el opt-in "general" (con participación en el sistema de instalaciones de sectores no incluidos en el Anexo I) a partir de 2008¹³.

La cláusula de exclusión temporal (opt-out) es altamente problemática tanto desde el punto de vista de la integridad ambiental del sistema como, sobre todo, desde la perspectiva de la eficiencia en costes del mismo, por lo que consideramos negativa su inclusión. Aunque las instalaciones que se acojan a esta cláusula deben limitar sus emisiones en la misma medida que si estuviesen sujetas a la Directiva, está por ver que así sea.

* **Agrupación de instalaciones (pooling).** Aunque aporta cierta flexibilidad al sistema, esta cláusula puede provocar que determinados grupos actúen de forma anticompetitiva, como observan Convery et al (2003). Si la patronal de una industria de un país con una elevada participación en las emisiones totales de la UE decidiera incrementar el valor de los derechos o desincentivar la entrada de nuevos entrantes, podría acordar restringir la oferta de derechos.

* **Asignación de permisos.** La literatura sobre el comercio de emisiones muestra que el sistema de asignación óptimo desde el punto de vista social es el de la subasta. Permite obtener unos ingresos que pueden utilizarse para abordar posibles cuestiones de equidad o para incrementar la eficiencia de la economía, "reciclando" esos ingresos y reduciendo las cargas impositivas sobre el factor trabajo (por ejemplo, disminuyendo las cotizaciones a la seguridad social pagadas por las empresas), en el contexto de la denominada reforma fiscal ecológica y de la teoría del doble dividendo.

El SECE obliga a asignar los derechos gratuitamente (con excepción del 5% en el primer periodo y del 10% en el segundo). Aunque esto es subóptimo con respecto a la asignación por subasta, parece una opción inevitable para asegurar la aceptabilidad política y empresarial de un sistema que se aplica por primera vez a escala europea y que es inédito para la mayoría de países. Por otro lado, pueden existir conflictos entre los criterios establecidos en el Anexo III de la Directiva para realizar los PNAs¹⁴.

¹³ Aparentemente, sólo Suecia, Finlandia y Eslovenia permiten el opt-in "restringido" en sus respectivos PNAs (instalaciones de generación eléctrica por debajo de los 20 MW de potencia).

¹⁴ Por ejemplo, uno de los criterios sugiere tener en cuenta las acciones tempranas, es decir, aquellas actividades de reducción de las emisiones realizadas con anterioridad al funcionamiento del sistema. La elección de un año base lejano en el tiempo (por ejemplo, 1990) permite tener en cuenta esto con respecto a la elección de un año posterior. Sin embargo, entra en conflicto con la disponibilidad de datos adecuados para ese año 1990. Otro posible conflicto es apuntado por Gagelmann y Hansjürgens (2002) para quienes el criterio de que no deben darse a las instalaciones más derechos de los que es probable que necesiten puede entrar en conflicto con el criterio de consideración de la acción temprana.

* **Efectos de la asignación sobre la competitividad internacional de la industria europea y sobre la equidad.** Puede ser problemática la diferente asignación de derechos a un mismo sector en diferentes países, por los efectos negativos que sobre la competitividad empresarial puede implicar. Al fijar el número de derechos que se asigna a cada sector, los PNAs establecen objetivos para cada uno de los sectores involucrados. Como apuntan Krueger y Pizer (2004), esta es una decisión difícil, pues el objetivo sectorial determinará sus costes netos y puede tener implicaciones para la competitividad empresarial. Un mismo sector en dos EEMM podría recibir una asignación de derechos diferente y, como consecuencia, tener diferente rentabilidad y liquidez. Las empresas de diferentes EEMM afrontarían diferentes regímenes de cumplimiento. La Dirección General de la Competencia de la Comisión Europea deberá velar porque las asignaciones de derechos (en el contexto de las "Ayudas Estatales"), no den a una empresa o sector en un Estado Miembro una ventaja competitiva injusta sobre la industria de otro Estado Miembro. Por otro lado, la preocupación por la asignación no tiene sólo una dimensión intraeuropea, sino también otra de competencia con otros países no europeos.

* **Depósito (Banking).** La Directiva permite el banking dentro de cada periodo. Esta es una opción adecuada, pues aporta flexibilidad y facilita la eficiencia intertemporal. Sin embargo, deja a la elección de los Estados Miembros permitir el banking entre periodos. Esto podría provocar que el Estado Miembro que adopte esta opción tenga problemas de cumplimiento futuro de sus compromisos. Esto podría ocurrir si las empresas del país venden los derechos de emisión en un determinado momento, cuando su precio es elevado, esperando que este se reduzca en el futuro. Si en el futuro el precio aumenta, el país puede tener problemas para cumplir con sus compromisos o para hacerlo a un coste razonable.

Sin embargo, no permitir el banking entre periodos también acarrea desventajas, en términos de ineficiencia temporal. Por todo ello, consideramos que la Directiva debería haber permitido el depósito entre periodos, poniendo un límite a los derechos que pueden transferirse entre los mismos, y no dejar esta cuestión a la discreción de los EEMM.

* **Préstamo (Borrowing).** Aunque, como el depósito, el préstamo puede facilitar la eficiencia intertemporal y, por lo tanto, promover la eficiencia en costes, la Directiva no lo permite, lo cual puede considerarse positivo, teniendo en cuenta los problemas ambientales de incumplimiento crónico a los que puede dar lugar, ya mencionados en un apartado anterior.

* **Registro.** Existe cierto control tanto de los derechos de cada participante como de las transacciones realizadas, que deben recogerse obligatoriamente en un registro nacional. Esto resulta conveniente, pues permite controlar el cumplimiento de los compromisos (impidiéndose la doble venta de derechos). Kruger y Pizer (2004) critican que no haya un registro centralizado europeo, sino sólo registros nacionales, por considerarlo un sistema más complicado¹⁵. Por el con-

¹⁵ No obstante, la Comisión Europea tendrá un "archivo independiente de transacciones" (independent transaction log), que servirá como un centro de comunicación entre los registros nacionales

trario, estos autores elogian la transparencia de la información contenida en los registros, a la que podrá acceder el público en general¹⁶. No obstante, ese acceso se hará con ciertas limitaciones para asegurar la confidencialidad de las empresas. Habrá que ver como cada país interpreta esa confidencialidad, así como las restricciones de acceso a que eventualmente pueda dar lugar.

* **Control, ejecución y cumplimiento.** El control y la notificación de las emisiones se hace en el SECE a través de las directrices contenidas en el documento CEC (2004a). Se deja cierto grado de flexibilidad a las instalaciones para elegir metodologías que permitan identificar sus emisiones¹⁷. Además, la Comisión Europea delega la verificación de emisiones en los EEMM, que pueden optar porque la lleve a cabo una autoridad pública o un tercero. La verificación por terceros puede ocasionar problemas (fundamentalmente por la certificación nacional de los verificadores, que puede no ser la adecuada).

* **Penalización.** Las penalizaciones establecidas están muy por encima del precio de mercado esperado de los derechos. Además, se ha evitado finalmente la incertidumbre que suponía para las empresas la redacción inicial de la Directiva, en la que se decía que la penalización sería el doble del precio de mercado o 50 € la tonelada, de ambas cifras la más alta. La redacción final aumenta considerablemente la seguridad para las fuentes emisoras, al establecer una cantidad fija no vinculada al (incierto) precio de mercado de los derechos.

* **Vínculos con sistemas de comercio de derechos de emisión no europeos.** En principio, debe celebrarse la inclusión de esta cláusula, pues a mayor número de participantes en el mercado, mayor volumen de comercio, más liquidez y mayor el potencial de reducción de costes. El éxito en la vinculación con otros sistemas no sólo sería positivo por los efectos sobre la eficiencia en costes sino, también, por el efecto de demostración que tendría. En efecto, permitiría mostrar que un sistema internacional de comercio de derechos de emisión es factible y puede dar lugar a reducciones de las emisiones de manera eficiente en costes. Sin embargo, esta vinculación puede ser no ser tan sencilla por las diferencias de diseño de los sistemas.

* **Vínculos a mecanismos de Kyoto.** Consideramos positivo el vínculo que establece el SECE a los Mecanismos Flexibles de Kyoto (MFK)¹⁸, pues facilita la reducción de emisiones (por la realización de proyectos fuera de la UE) y per-

¹⁶ Como afirman Tietenberg et al (1999), la transparencia del sistema mejora sensiblemente cuando los datos de emisiones y las transacciones realizadas se publican en la web.

¹⁷ Boemare y Quirion (2001) observan que el método previsto por la Directiva para calcular las emisiones de CO₂ a través de datos de actividad, factores de emisión y factores de oxidación puede ser problemático en el actual contexto de los inventarios nacionales en Europa. Sin embargo, las directrices contenidas en el documento CEC (2004a) mitigan ese posible problema.

¹⁸ En la primera versión de la "Directiva de vinculación", sólo se preveía esa vinculación para el segundo periodo de cumplimiento. La Comisión estaba preocupada por mantener la integridad ambiental de las reglas y procedimientos de estos mecanismos (Mecanismo de Desarrollo Limpio y Aplicación Conjunta). Además, se consideraba inicialmente que la vinculación en el primer periodo podría aportar un elemento de complicación adicional que dificultase la implantación del sistema. La realidad ha demostrado ser la opuesta: las empresas y los EEMM han presionado para que puedan utilizarse esos mecanismos desde el principio, pues permiten lograr el cumplimiento de los objetivos de reducción a un menor coste.

mite incrementar la eficiencia en costes del SECE. No obstante, la reducción de los costes y del precio de los derechos tiene efectos negativos sobre la implantación de tecnologías menos contaminantes (por ejemplo, las renovables) que resultan más competitivas cuando el precio de los derechos es superior (Del Río et al 2005).

* **Funcionamiento del mercado de CO₂.** En principio, la amplitud del mercado de emisiones europeo debería asegurar una elevada liquidez y un adecuado funcionamiento del mismo. Sin embargo, existen ciertos aspectos que podrían ser preocupantes:

1) Poder de mercado. No obstante, el elevado número de instalaciones en diferentes países y la heterogeneidad de los sectores participantes alejan este peligro.

2) Costes de transacción. Los costes de transacción administrativos parecen ser relativamente elevados en el SECE por el proceso de discusión y elaboración de los PNAs. Sin embargo, dado el incipiente desarrollo del mercado secundario de derechos, es probable que los costes de transacción para las empresas participantes no sean elevados.

3) Volatilidad e incertidumbre sobre el precio. Uno de los posibles problemas del sistema europeo tiene que ver con la posible volatilidad del precio de los derechos de emisión (ya elevada en el SECE). Esto genera incertidumbre para los actores del mercado, dificultando la inversión en tecnologías menos contaminantes.

4) Precio elevado. Esto puede provocar que el cumplimiento de los objetivos de reducción se logre a un elevado coste para las empresas, con posibles efectos negativos sobre la sociedad en su conjunto. Sin embargo ciertos factores hacen probable que el precio de mercado de los derechos sea relativamente bajo en el periodo 2005-2007: la generosidad de los PNAs, la Directiva de vinculación y la inclusión de los nuevos EEMM (con un excedente de derechos para vender). Aunque unos menores precios son positivos para las empresas, tienen un impacto negativo sobre la innovación y difusión de tecnologías limpias¹⁹.

* **Costes del sistema europeo.** La Comisión Europea estima que el ahorro de costes anuales gracias al comercio de derechos de emisión en un número limitado de sectores asciende a 3.000 M€ en comparación con lo que ocurriría en el caso de que los EEMM cumplieran sus compromisos a nivel nacional, sin un sistema de comercio de emisiones europeo, pero si nacional (modelo PRIMES, véase Capros y Mantzos 2000).

Estimaciones más recientes realizadas por el estudio "Economic Evaluation

¹⁹ Los numerosos modelos econométricos que se han hecho predicen un precio del derecho (tCO₂) en el mercado internacional (para el periodo 2008-2012) de entre 2,5 y 60 €/tCO₂, con una media de 22 €. En cuanto a las expectativas de los agentes involucrados, según la encuesta de IETA/EUROELECTRIC (2004), el precio medio de un derecho de la UE sería de 7 € en 2005, 9 € en 2007 y 12 € en 2010. Las transacciones en el mercado de futuros de derechos muestran que el precio del derecho a día de hoy se encuentra en los 10 €/tCO₂. Finalmente, los expertos apuntan un precio de entre 4 y 6 €/tonelada en el primer periodo de cumplimiento y del doble (8-12 €/tonelada) en el segundo (Ocaña 2004). Según Lecocq (2004) los precios medios de las transacciones de créditos procedentes de proyectos de Aplicación Conjunta (Emissions Reduction Units, ERUs) y del Mecanismo de Desarrollo Limpio (Certified Emissions Reductions, CERs) están en el entorno de los 4,5 €/tCO₂ de media.

of Sectoral Emission Reduction Objectives for Climate Change" rebajan estos resultados. Este estudio considera la incidencia de todos los GEI y estima que el ahorro de costes de un mercado comunitario para los sectores del Anexo I de la Directiva sería de 1326 M€ anuales, en comparación con la aplicación de las mejores políticas de los EEMM²⁰ (un 35% de ahorro para los sectores participantes).

Las estimaciones del modelo POLES muestran que, sin un sistema de derechos de emisión a nivel de la UE, el coste total para la UE ampliada de cumplir con los objetivos de Kyoto (2010) en los sectores del Anexo I ascendería a 6830 M€ (Criqui y Kitous 2003). Con un sistema de comercio europeo que incluyese a los nuevos EEMM pero sin permitir la utilización de los mecanismos flexibles, los costes serían mucho menores (2930 M€), situándose el precio de los derechos en los 26 €/tCO₂. Si se permite la utilización sin límite del MDL y de la AC en el SECE, entonces los costes serían de sólo 1069 M€ (y el precio de los derechos sería de 5 €)²¹.

Como conclusión general puede afirmarse que el SECE, que puede generar ahorros de costes sustanciales con respecto al cumplimiento nacional de los objetivos de reducción, contiene los elementos básicos que la literatura considera necesarios para el éxito del sistema. No obstante, el sistema es complejo y supone un importante desafío, siendo la cuestión de la asignación de derechos la más controvertida y la que puede ocasionar los mayores problemas en el futuro. El éxito del SECE será crucial para hacer atractiva la implantación de sistemas de comercio de emisiones en otros países no europeos y a nivel mundial en el contexto del Protocolo de Kyoto²².

3. Previsibles efectos en los sectores productivos españoles

Finalmente, en este apartado aportamos un análisis del posible rango de impactos que el SECE puede tener para los sectores españoles incluidos en la Directiva. Para ello hemos utilizado un doble enfoque, cuantitativo y cualitativo. Ambos aportan información relevante y complementaria para identificar los retos económicos a los que se enfrentan los sectores incluidos en la Directiva.

3.1. El impacto económico de la Directiva sobre los sectores españoles. El estudio cuantitativo

La senda de cumplimiento de Kyoto constituye un aspecto crucial inicial

²⁰ Es decir, con la existencia de 15 mercados nacionales independientes de derechos de emisión.

²¹ Si se establece algún tipo de limitación al uso de los CERs y ERUs en el SECE, los costes aumentan (por ejemplo, una limitación del 6% de uso supone unos costes de cumplimiento de 2418 M€ y un precio del derecho en el SECE de 14,5 €).

²² Kruger y Pizer (2004) observan posibles "baches" en el camino, tales como el posible retraso de algunos EEMM en cumplir con las reglas establecidas en la Directiva, controversia sobre diferentes NAPs, posibles inconsistencias en las normas sobre cumplimiento y ejecución entre EEMM y mercados volátiles.

para considerar el impacto de la Directiva (en el primer y en el segundo periodo de cumplimiento) en los sectores españoles. La situación de España en este sentido es preocupante, al haber aumentado las emisiones en 2003 un 40% con respecto a los niveles de 1990 (el acuerdo interno de la UE para cumplir con el objetivo de Kyoto permitía a nuestro país un aumento del 15%). Teniendo en cuenta la relativamente laxa asignación de derechos a los sectores para el periodo 2005-2007, se deberá hacer un mayor esfuerzo (concederse pocos derechos de emisión) en el periodo siguiente (2008-2012) para cumplir con los compromisos de Kyoto. Será interesante ver como el estado español reparte entonces el esfuerzo entre los sectores obligados por la Directiva y los no obligados, así como el tipo de instrumentos políticos de reducción que se aplicarán en los sectores no obligados²³.

En teoría, la forma más correcta para analizar el coste de la Directiva para los sectores sería utilizar las curvas de costes marginales de reducción de emisiones para cada sector. Esto permitiría identificar el coste total derivado de la participación en el SECE como suma de lo que a cada sector le cuesta reducir las emisiones y de la compra de derechos de emisión en el mercado. Sin embargo, no disponemos de esas curvas, por lo que el enfoque elegido, consistente en identificar sólo el coste que tendría la adquisición de derechos con los niveles esperados de emisión, es parcial e incompleto²⁴. No obstante, este enfoque supone una aproximación al coste máximo de adquisición de derechos para cada sector. A este coste "máximo" de adquisición de derechos habría que añadir las inversiones (desconocidas) de las empresas de esos sectores para controlar sus emisiones. Aunque se han extrapolado las tendencias de emisiones pasadas al periodo 2005-2007 no es descartable que, para lograr esa reducción de emisiones el sector haya invertido en medidas de control de la contaminación. Sin embargo, nuestro enfoque no incluye esos costes de inversión²⁵.

La metodología del estudio se basa en el cálculo de la diferencia entre las emisiones previstas para el sector en el periodo 2005-2007 y la asignación de derechos para ese periodo. Esa diferencia (normalmente positiva) representará la cantidad de derechos que cada sector tiene que adquirir en el mercado para cumplir con sus compromisos.

Analíticamente:

$$CD = (\text{Emisiones 2005-2007} - \text{Derechos asignados 2005-2007}) * P_{\text{medio}}$$

Donde:

CD = coste total de la adquisición de derechos en el periodo 2005-2007.

Emisiones 2005-2007 = Emisiones totales en el primer periodo de cumplimiento.

Derechos asignados 2005-2007 = Derechos totales asignados en el periodo.

²³ Para un análisis más detenido sobre la evolución probable de las emisiones españolas de GEI en el horizonte de Kyoto, véase Del Río y Hernández (2004b).

²⁴ La construcción de las curvas de costes marginales de reducción implicaría un gran esfuerzo investigador que excede con mucho las pretensiones y objetivos de este trabajo, dejándose para trabajos posteriores.

²⁵ Tampoco puede descartarse que el control de las emisiones induzca innovaciones tecnológicas que reduzcan los costes de reducción de las emisiones (la denominada "Hipótesis Porter").

P_{medio} = Precio medio de los derechos durante el periodo²⁶.

Los supuestos de este estudio son:

(I). Con respecto a las emisiones. Realizamos una extrapolación lineal de las emisiones al periodo 2005-2007. Tenemos en cuenta también las propias peticiones sectoriales de derechos como posible estimación de las emisiones esperadas. Consideramos 4 escenarios.

***Escenario estable.** Suponemos que las emisiones para todo el periodo 2005-2007 permanecen constantes al mismo nivel que en el año 2002. Como las emisiones en el año 2002 en el sector de generación son anormalmente elevadas (como consecuencia de un mal año hidráulico), hemos supuesto que para este sector las emisiones en el periodo 2005-2007 se mantienen en el promedio de emisiones del periodo 2000-2002.

***Escenario tendencial I (1990-2002).** Suponemos un crecimiento de las emisiones para el periodo 2005-2007 igual al que ha tenido lugar entre 1990 y 2002 (extrapolación lineal).

***Escenario tendencial II (2000-2002).** 1) para los sectores industriales, se ha supuesto un crecimiento de las emisiones para el periodo 2005-2007 equivalente al que ha tenido lugar entre 2000 y 2002 (extrapolación lineal). 2) Para el sector de generación se ha supuesto unas emisiones en el periodo 2005-2007 equivalentes a 94MtCO₂ anuales, que es la previsión del gobierno.

***Escenario petición sectorial.** Emisiones en 2005-2007 iguales a las peticiones de derechos realizadas por los sectores en la negociación del PNA (peticiones sectoriales). Para el sector eléctrico existen dos tipos de peticiones de derechos (la de Iberdrola, de 70 MtCO₂ anuales, y la del resto del sector, de 96 MtCO₂ anuales). Se toma la segunda por ser la más exigente y la que generaría un coste mayor para el sector en su totalidad. Esta elección es adecuada teniendo en cuenta el objetivo del estudio, en el que se pretende aportar una cifra del "coste máximo".

(II). Con respecto a los derechos, el PNA establece la cantidad de derechos a repartir por sector.

(III). Con respecto al precio de los derechos en el periodo de cumplimiento, este resulta a día de hoy incierto. La mayoría de los expertos predicen un precio de entre 5 y 10 € la tonelada. Es probable que, conforme nos acerquemos al final del periodo de cumplimiento, el precio de los derechos esté más cerca del límite superior que del inferior.

Las siguientes tablas resumen los cálculos efectuados.

²⁶ Suponemos que el precio del derecho es el mismo para cada año del periodo, es decir, se mantiene constante durante el mismo.

Tabla 2. Emisiones futuras, diferencia entre emisiones y derechos y coste total a diferentes precios. Escenario estable²⁷

Sector	Asignación anual*	Asignación total*	Emisiones totales 2005-2007*	Diferencia total emisiones-derechos*	Coste total 5 €/tCO ₂ **	Coste total 10 €/tCO ₂ **
Generación	86,4	259,20	263,98	-4,78	-23,9	-47,80
Refino	15,97	47,91	44,58	3,33	16,65	33,30
Siderurgia	11,94	35,82	32,55	3,27	16,35	32,70
Cemento	28,50	85,50	79,74	5,76	28,80	57,60
Cal	2,44	7,32	6,60	0,72	3,60	7,20
Cerámica	6,81	20,43	19,83	0,60	3,00	6,00
Vidrio	2,88	8,64	8,28	0,36	1,80	3,60
Papel	5,35	16,05	13,56	2,49	12,45	24,90
Total	160,29	480,87	469,12	11,75	58,75	117,50

Notas: *Datos en MtCO₂. La diferencia negativa indica que el sector es deficitario en derechos en el año indicado. **Datos en millones de €. El signo negativo indica el coste de adquisición de derechos para el sector.

Tabla 3. Emisiones futuras y diferencia entre emisiones y derechos. Escenario tendencial I

Sector	Asignación anual	Emisión 2005	Emisión 2006	Emisión 2007	Emisiones totales	Asignación total	Diferencia total
Generación	86,40	107,19	111,22	115,40	333,81	259,20	-74,61
Refino	15,97	15,47	15,68	15,90	47,05	47,91	0,86
Siderurgia	11,94	10,21	10,01	9,81	30,03	35,82	5,79
Cemento	28,50	28,15	28,69	29,24	86,08	85,50	-0,58
Cal	2,44	2,39	2,46	2,53	7,38	7,32	-0,06
Cerámica	6,81	7,36	7,62	7,90	22,88	20,43	-2,45
Vidrio	2,88	3,08	3,19	3,31	9,58	8,64	-0,94
Papel	5,35	5,36	5,67	6,00	17,03	16,05	-0,98
Total	160,29	179,21	184,54	190,09	553,84	480,87	-72,97

Notas: Datos en MtCO₂. *La diferencia negativa indica que el sector es deficitario en derechos en el año indicado.

²⁷ Obsérvese que el signo positivo no indica que el sector no incurre en costes por el cumplimiento de sus compromisos. Ese cumplimiento no provoca la compra de derechos, pero el sector si puede haber invertido en medidas de reducción de las emisiones.

Tabla 3 (cont.). Coste total a diferentes precios. Escenario tendencial I

Sector	COSTE TOTAL	
	(5 €)**	(10 €)**
Generación	-372,99	-745,98
Refino	4,29	8,58
Siderurgia	28,96	57,93
Cemento	-2,87	-5,73
Cal	-0,26	-0,53
Cerámica	-12,25	-24,50
Vidrio	-4,74	-9,49
Papel	-4,89	-9,78
Total	-364,75	-729,50

Datos en millones de €. ** El signo negativo indica el coste de adquisición de derechos para el sector.

Tabla 4. Emisiones futuras, diferencia entre emisiones y derechos y coste total a diferentes precios. Escenario tendencial II

Sector	Asignación anual*	Emisión 2005*	Emisión 2006*	Emisión 2007*	Emisiones totales*	Asignación total*	Diferencia total*	COSTE ANUAL**	
								(5 €)	(10 €)
Generación	86,40	94,00	94,00	94,00	282,00	259,20	-22,80	-114,00	-228,00
Refino	15,97	14,06	13,80	13,55	41,41	47,91	6,50	32,48	64,97
Siderurgia	11,94	10,94	10,97	11,00	32,91	35,82	2,91	14,54	29,08
Cemento	28,50	29,16	30,07	31,01	90,24	85,50	-4,74	-23,69	-47,38
Cal	2,44	2,41	2,48	2,56	7,45	7,32	-0,13	-0,64	-1,28
Cerámica	6,81	7,45	7,76	8,08	23,29	20,43	-2,86	-14,31	-28,61
Vidrio	2,88	3,24	3,42	3,61	10,27	8,64	-1,63	-8,12	-16,23
Papel	5,35	6,25	6,97	7,77	20,99	16,05	-4,94	-24,70	-49,41
Total	160,29	185,07	192,78	200,94	578,79	480,87	-97,92	-138,45	-276,90

*Datos en MtCO₂. **Datos en millones de €.

Tabla 5. Emisiones futuras, diferencia entre emisiones y derechos y coste total a diferentes precios. Escenario petición sectorial

Sector	Asignación (anual)*	Emisión anual*	Emisiones totales*	Asignación total*	Diferencia total*	COSTE ANUAL**	
						(5 €)	(10 €)
Generación	86,40	96,00	288,00	259,20	-28,80	-144,00	-288,00
Refino	15,97	16,57	49,71	47,91	-1,80	-9,00	-18,00
Siderurgia	11,94	12,30	36,90	35,82	-1,08	-5,40	-10,8
Cemento	28,50	30,08	90,24	85,50	-4,74	-23,70	-47,4
Cal	2,44	2,74	8,22	7,32	-0,90	-4,50	-9,00
Cerámica	6,81	7,18	21,54	20,43	-1,11	-5,55	-11,10
Vidrio	2,88	2,96	8,88	8,64	-0,24	-1,20	-2,40
Papel	5,35	5,60	16,80	16,05	-0,75	-3,75	-7,50
Total	160,29	173,43	520,29	480,87	-39,42	-197,10	-394,20

*Datos en MtCO₂. **Datos en millones de €.

Puede observarse que, según estos cálculos, el sector eléctrico es el más afectado en términos absolutos por la asignación de derechos en todos los escenarios, seguido en el escenario estable por el sector del vidrio, en el escenario tendencial I por la cerámica, en el tendencial II por el papel y el cemento y en el escenario de petición sectorial por el cemento. Los sectores menos afectados en términos absolutos son el sector cemento en el escenario estable, la siderurgia y el refino en los escenarios tendenciales y el vidrio y el papel en el escenario de petición sectorial.

El coste total varía enormemente en función de los escenarios y supuestos considerados (desde los 729M€ en el escenario tendencial I a un precio de 10 €/tCO₂ a, incluso, la posibilidad de obtención de ingresos netos por la venta de derechos por valor de 117,5 M€ en el escenario estable con un precio de 10 €). Puede observarse que en algunos escenarios y supuestos el coste para determinados sectores es de signo positivo. Este resultado debe tomarse con cautela, pues es consecuencia de la metodología utilizada en el análisis, en el que no se han considerado los costes de la implantación de medidas de reducción de las emisiones que pueden más que compensar los beneficios derivados de la venta de derechos de emisión en el mercado, dando lugar a un coste neto negativo.

La siguiente tabla muestra el impacto total y por ramas de actividad en términos relativos (es decir, en relación al VAB esperado en el periodo 2005-2007). El impacto agregado (para todos los sectores) no supera en ningún escenario el 0,7% del VAB esperado e, incluso, en algún escenario puede no haber un impacto negativo (aunque esto debe matizarse con las consideraciones realizadas más abajo). El impacto medio parece estar en el entorno del 0,3% del VAB. La tabla muestra que, en general, el sector más afectado negativamente es el eléctrico, mientras que el impacto para la siderurgia y el refino es relativamente bajo. El cemento y la cal parecen uno de los más afectados en dos escenarios (el tendencial II y el de petición sectorial) y como uno de los menos afectados en otro (estable). El vidrio es uno de los más negativamente influidos en el escenario tendencial I y uno de los que experimentan impactos menos negativos en el escenario petición sectorial. Finalmente, el papel es el tercer sector que experimenta un impacto más negativo en el escenario tendencial II, mientras que en el escenario de petición sectorial es el tercero en mejor situación. Por lo tanto, los resultados del impacto relativo de la Directiva sobre algunos sectores son bastante sensibles al tipo de escenario considerado.

Tabla 6. Impacto relativo de la Directiva sobre los sectores (%)*

	Esc. estable		Esc. Tendencial I		Esc. Tendencial II		Esc. petición	
	5 €	10 €	5 €	10 €	5 €	10 €	5 €	10 €
Generación	-0,048	-0,095	-0,742	-1,485	-0,227	-0,454	-0,287	-0,573
Refino	0,320	0,640	0,082	0,165	0,624	1,248	-0,173	-0,346
Siderurgia (metalurgia)	0,102	0,204	0,181	0,362	0,091	0,182	-0,034	-0,067
Cemento y cal	0,450	0,900	-0,044	-0,086	-0,337	-0,676	-0,392	-0,783
Cerámica	0,024	0,048	-0,098	-0,196	-0,114	-0,229	-0,044	-0,089
Vidrio	0,038	0,076	-0,100	-0,200	-0,171	-0,343	-0,025	-0,051
Papel	0,113	0,226	-0,044	-0,089	-0,224	-0,448	-0,034	-0,068
Total	0,055	0,110	-0,341	-0,682	-0,129	-0,259	-0,184	-0,369

*% del coste total sobre el VAB a precios básicos por ramas de actividad esperado en el periodo 2005-2007. Cálculos del VAB esperado realizados mediante extrapolación lineal de las tasas de crecimiento medias en el periodo 1998-2000 al periodo 2005-2007.

Este ejercicio no pretende identificar los costes de cumplimiento, sino aportar un rango en el que es probable que se encuentren esos costes, es decir, establecer la escala del problema. En todo caso, es necesario tomar estos cálculos con mucha cautela. Por un lado, están sujetos a muchas incertidumbres sobre el verdadero valor de variables clave y, por lo tanto, los resultados son muy sensibles a diferentes valores de esas variables. Por otro lado, este es sólo un análisis parcial pues, al no disponerse de las curvas de costes marginales de reducción, no tiene en cuenta los costes de las medidas de reducción implantadas por las empresas y los sectores. Únicamente se consideran los costes de adquisición de derechos, (por eso es un enfoque de "coste máximo"). Finalmente, el análisis no identifica el impacto sobre instalaciones y empresas concretas, sino sólo el efecto agregado sobre el sector.

3.2. Estudio cualitativo del impacto económico de la Directiva sobre los sectores españoles

En principio, el cumplimiento de los compromisos de reducción de las emisiones obliga a sectores y empresas a incurrir en costes de cumplimiento, costes de adquisición de los derechos y efectos indirectos como consecuencia del aumento de los costes energéticos. Estos costes no siempre son soportados finalmente por las empresas, sino que pueden trasladarse a otros actores económicos.

En general, el impacto sobre empresas y sectores depende de ciertas variables relevantes: curvas de costes marginales de reducción, emisiones en el escenario de referencia (BAU), precio de los derechos que las empresas deben adquirir para cumplir con sus compromisos, medidas tomadas en el pasado para reducir las emisiones, potencial tecnológico para reducir las emisiones, crecimiento esperado en la demanda de los productos, asignación de derechos a cada sector y

capacidad de trasladar los costes de control de las emisiones a los precios de los productos (que, a su vez, depende de variables tales como la estructura competitiva del mercado, el grado de apertura del sector a la competencia internacional y la existencia de precios regulados a nivel nacional). Pasamos a comentar brevemente estas características, analizando brevemente la situación en los sectores españoles cubiertos por la Directiva²⁸:

a) Potencial de reducción de emisiones. En primer lugar es necesario tener en cuenta el potencial de reducción de emisiones en el sector, es decir, la disponibilidad de opciones tecnológicas de reducción de bajo coste. Los modelos econométricos suelen coincidir en que es el sector eléctrico el que dispone de estas opciones en mayor medida. En los sectores industriales las alternativas de reducción de bajo coste son más escasas. Entre otras razones porque, al ser sectores intensivos en el uso de la energía, existe un incentivo continuo al ahorro de esta y mucho de lo que se podría hacer para reducir las emisiones ya se ha hecho²⁹. Las emisiones de estos sectores proceden, sobre todo, de la combustión (es decir, están relacionadas con el consumo energético), siendo menos importantes las emisiones de proceso. Varios sectores defienden que la posibilidad de reducir sus emisiones son muy limitadas, teniendo en cuenta tanto las características tecnocómicas de sus procesos productivos como los esfuerzos realizados en el pasado (aunque no para reducir emisiones, sino como parte de su actividad empresarial "normal"), que han agotado las posibilidades de reducción baratas.

b) Estructura competitiva del sector. Uno de los factores que más influyen en la posibilidad de que las empresas de un sector determinado trasladen los costes de cumplimiento a los consumidores de sus productos es la estructura competitiva del sector³⁰. El sector eléctrico podría tener en principio ventaja a costa de consumidores individuales e industriales. Estos últimos, grandes consumidores de energía, experimentarían un incremento de sus costes energéticos que sería finalmente asumido por ellos mismos o por sus consumidores. La tarifa eléctrica regulada impide, por el momento, grandes incrementos del precio para el consumidor. La traslación de costes a los precios es limitada en algunos sectores (vidrio y cerámica, pasta y papel y acero) y más probable en otros (cemento y electricidad, este último con las limitaciones mencionadas).

c) Grado de apertura internacional. El grado de apertura internacional (medido como porcentaje de las exportaciones sobre la producción total del sec-

²⁸ Para ello se han consultado diferentes fuentes: opiniones de los sectores (declaraciones de posicionamiento en sus páginas web), modelos econométricos, estudios sectoriales, opiniones de expertos etc...

²⁹ Es importante tener en cuenta que el tamaño de las empresas del sector puede afectar a la posibilidad de invertir en alternativas de reducción de las emisiones. Las pequeñas empresas parten con una desventaja en este sentido, aspecto que se demuestra posteriormente relevante en el sector de la cerámica y del vidrio.

³⁰ Harrison y Radov (2002) apuntan también que el grado al cual el mayor coste puede ser trasladado a los consumidores depende también de si el sistema de comercio de derechos cubre una pequeña proporción del mercado del producto afectado (poco traslado de los mayores costes al precio) o si, por el contrario, cubre una elevada proporción (alto traslado).

tor) de los sectores industriales en España es muy diferente, variando desde el 15,7% del sector siderúrgico al 32% del vidrio y cerámica, pasando por el 20,9% del refino, el 25,8% del cemento y la cal y el 16,9% del papel (Ocaña 2004). En el sector eléctrico los intercambios de electricidad con otros países son mínimos. En sectores muy expuestos a la competencia internacional un incremento del precio de los productos en el mercado interior puede provocar una grave pérdida de competitividad internacional, con incremento de importaciones, pérdida de mercados exteriores, reducciones de la cuota de mercado e, incluso, fenómenos de deslocalización empresarial. Este no es, obviamente, el caso del sector eléctrico, pero en otros sectores sí puede ser relevante, especialmente, en los sectores del acero, productos cerámicos y cemento, en los que tanto el grado de competencia internacional como su grado de internacionalización es muy elevado. No obstante, el fenómeno de deslocalización empresarial como consecuencia de la importación de productos de países sin compromisos de CO₂ puede ser menos probable de lo que se suele mencionar por parte de las organizaciones empresariales. En realidad este fenómeno es sólo probable en el sector acero, en el que el elevado valor añadido por tonelada de producto puede compensar los altos costes de transporte de la importación del producto. En el cemento, por el contrario, es probable que los costes del transporte no logren compensar los posibles ahorros de costes derivados de la diferencia de precios entre el cemento de producción nacional (afectado por la limitación de emisiones) y el importado de fuera de Europa (no afectado). Es normal que el sector cerámico, que exporta una significativa proporción de su producción, esté también preocupado.

d) Otras características sectoriales. Finalmente, existen otros factores que pueden influir en el impacto económico sobre los sectores. Uno de ellos es la elasticidad precio de la demanda de los productos afectados por el control de las emisiones de CO₂. Una demanda del producto relativamente inelástica provoca que un aumento en el precio del mismo no de lugar a una caída en su demanda y, por lo tanto, en los ingresos obtenidos por su venta. La mayor o menor elasticidad de la demanda está relacionada con la existencia de productos sustitutivos. En este caso, el sector menos preocupado debería ser el eléctrico, que se favorece de una curva de demanda relativamente más inelástica que otros sectores. El boom de la construcción provoca que el cemento sea también un sector con una curva de demanda relativamente más inelástica. Por el contrario, la elasticidad de la demanda del sector acero y la del papel son relativamente elevadas³¹. En este sentido es importante tener en cuenta que, aunque varios productos cubiertos por la Directiva compiten entre sí (acero, cemento y vidrio, por ejemplo) no es el caso del aluminio, que compite con algunos de esos productos en ciertos usos y no está afectado directamente por el control de las emisiones (aunque sí indirectamente, pues es un gran consumidor de electricidad).

Otro aspecto importante es el crecimiento esperado de la demanda de los productos del sector. Al tratarse de objetivos absolutos de control de las emisio-

³¹ En particular, el cartón sufre una importante competencia para embalajes.

nes (es decir, no relativos de emisiones de CO₂ por unidad de producto), aquellos sectores con un elevado crecimiento se verán más afectados que los que tienen un crecimiento menor. Este es el caso de los sectores del papel, la electricidad y el cemento³².

Finalmente, el impacto de la Directiva depende de los márgenes de beneficio (como porcentaje del valor añadido) de cada sector. Ciertos sectores (como el cemento) tienen márgenes menores que otros (por ejemplo, el eléctrico).

4. Conclusión

El SECE constituye la primera y mayor experiencia internacional de comercio de emisiones del mundo. Es de alabar la valentía política para implantar un sistema así, más en un contexto internacional en el que los principales competidores económicos no han adoptado medidas similares de control de las emisiones.

Aunque, en general, puede considerarse que el sistema diseñado ha logrado un buen equilibrio entre posiciones y criterios en conflicto (integridad ambiental, coste económico bajo tanto para empresas como para la sociedad en general, aceptabilidad y viabilidad política), no obstante, tiene sus puntos fuertes y débiles, probablemente como consecuencia de la búsqueda de ese difícil equilibrio. En este artículo se ha realizado un análisis crítico de las características fundamentales del SECE, señalándose los que, a priori, parecen ser sus puntos más problemáticos.

También se ha analizado el impacto económico de la Directiva en los sectores españoles implicados. Para ello hemos utilizado una combinación de un enfoque cuantitativo con otro cualitativo. La principal conclusión es que el impacto de la Directiva (al menos en el primer periodo de cumplimiento) será bastante limitado y, en todo caso, alejado de las predicciones catastrofistas de ciertos estudios sobre el impacto de Kyoto en la economía española, así como sobre el impacto de la Directiva. No obstante, este estudio constituye una mera aproximación a un tema sobre el que debería realizarse una investigación más exhaustiva en el futuro, profundizándose particularmente en la perspectiva cuantitativa.

Agradecimientos. Agradezco los comentarios realizados por el profesor Jordi Roca a una versión previa de este trabajo. Por supuesto, los posibles errores existentes son sólo míos.

³² El relativamente alto crecimiento esperado en el sector de la construcción en los próximos años en nuestro país implicará un importante crecimiento de la demanda de cemento y materiales de construcción. Es probable que este factor sea más importante que el previsible incremento en el coste de esos productos derivado del control de las emisiones de CO₂.

Bibliografía

- BOEMARE, C. y QUIRION, P. (2001): Implementing Greenhouse Gas trading in Europe: Lessons from economic theory and international experiences, Report of the INTERACT project (CIRED-CNRS), Paris.
- CAPROS, P. and MANTZOS, L. (2000): The Economic Effects of EU-Wide Industry-Level Emission Trading to Reduce Greenhouse Gases, Results from PRIMES Energy System (National Technical University of Athens), Athens.
- CEC (2003a): Directiva 2003/87/CE del Parlamento europeo y del Consejo de 13 de octubre de 2003 por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo. DOUE 12/5/2003.
- CEC (2003b): The EU Emission Trading Scheme: How to develop a National Allocation Plan. Non-Paper, Brussels.
- CEC (2004a): Draft Commission decision establishing guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council.
- CEC (2004b): Questions and Answers on Emissions Trading and National Allocation Plans, MEMO/04/44, European Commission web-site: <http://europa.eu.int>.
- CEC (2004c): Communication from the Commission on guidance to assist Member States in the implementation of the criteria listed in Annex III to Directive 2003/87/EC establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC, and on the circumstances under which force majeure is demonstrated.
- COASE, R. (1960): "The problem of social cost", *Journal of Law and Economics* 3, 1-44.
- CONVERY, F.; REDMOND, L.; DUNNE, L. y RYAN, L. (2003): "Assessing the European Union Emissions Trading Directive", *Environmental Studies*, University College (Dublin).
- CRQUI, P. and KITOUS, A. (2003): "KPI Technical Report Impacts of Linking JI and CDM credits to the European Emission Allowance Trading Scheme (KPI-ETS)", European Commission (D.G. Environment).
- DEL RÍO, P. y HERNÁNDEZ, F. (2004a): "Hacia un marco conceptual para la integración de los permisos de emisión de CO₂ en la contabilidad nacional", capítulo en Campos, P. y Casado, J.M. (dirs.), *Cuentas Ambientales y Actividad Económica*. Consejo General de Colegios de Economistas de España, Madrid, 325-368.
- DEL RÍO, P. y HERNÁNDEZ, F. (2004b): "Análisis de las diferentes posiciones en el próximo mercado europeo de derechos de emisión de CO₂", Congreso de la Asociación Española de los Recursos Naturales y Ambientales (AERNA), Vigo.
- DEL RÍO, P.; HERNÁNDEZ, F. Y GUAL, M.A. (2005): "The Implications of the Kyoto project mechanisms for the deployment of renewable electricity in

- Europe", *Energy Policy*, vol.33(5), 2010-2022.
- FIELD, B. y FIELD, M. (2003): *Economía Ambiental*, McGraw Hill, Madrid.
- GAGELMANN, F. and HANSJÜRGENS, B. (2002): "Climate Protection Through Tradable Permits: The EU Proposal for a CO₂ Emissions Trading System in Europe", *European Environment* 12, 185-202.
- HARRISON, D., RADOV, D. (2002): *Evaluation of alternative initial allocation mechanisms in a European Union Greenhouse Gas Emissions allowance trading scheme*. National Economic Research Associates, London.
- IETA (2003): Database on emission trading schemes. <http://www.ieta.org>
- IETA/EUROELECTRIC (2004): GHG Market Survey, CarbonExpo, Colonia (Alemania).
- KRUGER, J. and PIZER, W.A. (2004): "The EU Emissions Trading Directive: Opportunities and Potential Pitfalls". Resources for the Future Discussion Paper 04-24, Washington.
- LECOCQ, F. (2004): State and trends of the Carbon Market 2004, World Bank, Washington D.C.
- MAVRAKIS, D. y KONIDARI, P. (2003): "Classification of Emissions Trading scheme design characteristics", *European Environment* 13, 48-66.
- OCAÑA PÉREZ DE TUDELA (2004): El impacto del Protocolo de Kyoto sobre la economía española!", *Revista Interdisciplinar de Gestión Ambiental*, no 63, 12-25.
- STAVINS, R. (1995): "Transaction Costs and Tradable Permits", *Journal of Environmental Economics and Management*, 29, 133-48.
- TIETENBERG, T. (1980): "Transferable discharge permits and the control of stationary source air pollution: A survey and synthesis", *Land Economics*, 56(4), 391-416.
- TIETENBERG, T.; GRUBB, M.; MICHAELOWA, A.; SWIFT, B and ZHANG, Z. (1999): *International Rules for GHG Emissions Trading*, United Nations, New York.

MODELOS DE TRANSPORTE Y EMISIONES DE CO₂ EN ESPAÑA

Antonio Estevan*

Fecha de recepción: 30 de enero de 2005

Fecha de aceptación y versión final: 10 de mayo de 2005

Resumen: El sector del transporte es el primer emisor de gases de efecto invernadero en España, incluso si se consideran solamente las emisiones generadas en la tracción de los vehículos. Si se imputan también las emisiones generadas en la construcción y mantenimiento de los vehículos y las infraestructuras, las emisiones del sector se acrecientan sustancialmente. En el presente artículo se realizan algunas estimaciones de las emisiones de CO₂ que generan los diferentes modos de transporte España, así como de la evolución que han registrado en los últimos años. Se aportan también algunas consideraciones sobre posibles estrategias de intervención pública en el sector, que podrían rebajar en cierto grado las emisiones y reducir las dificultades a las que se enfrenta España para cumplir los compromisos derivados del Protocolo de Kyoto.

Palabras clave: Energía, transporte, CO₂ emisiones, Kyoto.

Abstract: The transport sector is the largest emitter of greenhouse gas in Spain, even if only the emissions generated by vehicles traction are included in this sector. If the emissions generated by the construction and maintenance of vehicles and infrastructures are also included, then transport sector emissions increase substantially. This paper undertakes estimations of CO₂ emissions in Spain by transport modes

* Ingeniero Industrial y técnico urbanista. Consultor ambiental

and of their recent evolution. Some considerations on possible strategies of public intervention in this sector are made. These could cut back emissions to some extent, and so reduce the difficulties faced by Spain to fulfill the commitments derived from the Kyoto Protocol.

Key words: Energy, transport, CO₂ emissions, Kyoto.

1. Introducción

En las sociedades desarrolladas, el transporte es la actividad que genera directa o indirectamente los mayores y más variados problemas ambientales. En muchos países, entre los que se cuenta España, el sector del transporte es el primer consumidor de energía, el primer emisor de CO₂ y de muchas sustancias contaminantes, el primer ocupante de suelo y transformador del territorio, el primer generador de ruido, etc., etc.. Pero además, en la producción de los servicios de transporte confluyen innumerables actividades auxiliares o intermedias, que multiplican y extienden los impactos ambientales del transporte en todas direcciones. Hay pocos problemas ambientales que, si son adecuadamente rastreados, no resulten total o parcialmente vinculados a una actividad de transporte.

El transporte es uno de los sectores que muestra un mayor ritmo de crecimiento entre todos los grandes sectores de actividad económica. En todos los países, sea cual sea su grado de desarrollo y la organización de su sistema económico, la producción de transporte crece más deprisa que el conjunto de la economía. Y dentro del sector del transporte, los medios con mayores consumos energéticos y mayores impactos ambientales (automóvil, avión, y últimamente el AVE), crecen más deprisa que los medios más compatibles, y lo hacen a costa de éstos.

No es de extrañar, por tanto, que en los medios dedicados al tratamiento de los problemas ambientales, ya sea desde una perspectiva política, administrativa o técnica, se considere al conjunto de los impactos ambientales del transporte como el más inmanejable de los problemas ambientales, tanto a escala global como a escala local.

Si hay alguna característica que diferencia al transporte del resto de las actividades económicas desde el punto de vista medioambiental, es precisamente el hecho de que presenta graves impactos tanto en el plano local como en el plano global. Otros sectores de actividad con problemática medioambiental suelen concentrar sus efectos bien sea en su entorno inmediato o en el ecosistema global. El

transporte es el único sector capaz de alterar profundamente, y de modo simultáneo, los equilibrios ecológicos globales y los equilibrios locales de los ámbitos en los que se desarrolla.

En el presente artículo se aborda el análisis de los costes energéticos del sector del transporte, encuadrando el grave problema ambiental que estos costes representan en relación en los actuales intentos de controlar las emisiones de CO₂ mediante la aplicación del Protocolo de Kyoto.

2. La energía y el transporte: la necesidad de un análisis global

Para abordar el análisis energético del sector del transporte desde una perspectiva que responda fielmente a la realidad, las estadísticas económicas y sectoriales al uso resultan no sólo insuficientes, sino posiblemente también inadecuadas. En general, su estructura y su contenido tienden a ocultar la existencia de profundas interrelaciones entre sectores de actividad que aparecen como formalmente independientes en las clasificaciones económicas, pero que en la práctica confluyen para la prestación de los servicios finales de transporte.

Por esta razón, el análisis de la situación del transporte desde una perspectiva integrada requiere ampliar la consideración del "transporte" al conjunto del ciclo productivo del sector, que no debe quedar limitado a lo que las clasificaciones económicas al uso consideran como "actividades del transporte" (actividades consistentes en el movimiento de personas o cosas), sino que incorpora las numerosas actividades industriales y de servicios que integran la cadena de producción del transporte, antes y después de realizarse el movimiento en sí. Este enfoque se describe gráficamente como un análisis "que va desde la mina hasta el vertedero", esto es, desde que se extraen minerales para la construcción de los vehículos y las infraestructuras, hasta que se cierra el ciclo eliminando los vehículos que han finalizado su vida útil, renovando las infraestructuras y, en general, incluyendo todas las actividades que hacen posible la producción del transporte: construcción de infraestructuras, mantenimiento del sistema de transportes, etc..

En el análisis de proyectos individuales se ha ido abriendo paso en los últimos años, en los medios especializados en evaluaciones energéticas o ambientales, una visión hasta cierto punto similar a la que aquí se propone para el conjunto del sector del transporte. Es el denominado "análisis de ciclo de vida de proyecto". Sin embargo, incluso en estos planteamientos, frecuentemente quedan fuera del cálculo determinadas incorporaciones de materiales o energía que se integran de hecho en el proyecto cuyo ciclo de vida se pretende analizar.

En una serie de estudios realizados por encargo de la administración estatal a comienzos de la década de 1990 (Estevan, A. y Vega, P., 1992 y Estevan, A., 1993), se realizó una exhaustiva investigación sobre el consumo de energía en el transporte en España con una metodología de ciclo global, seguida de una propuesta de "estabilización ecológica" (Estevan, A. y Sanz, A., 1996) que anticipa-

ba en cierto modo los actuales planteamientos de Kyoto respecto al transporte, aunque con un enfoque más amplio, como se verá en los datos y resultados que se sintetizan a continuación. Los datos que se recogen en el próximo apartado proceden principalmente de aquellos materiales, que lamentablemente no han sido actualizados en profundidad desde entonces, dado que su puesta al día requiere un considerable esfuerzo que la administración estatal de los últimos años no ha estado en ningún momento interesada en patrocinar.

Desde comienzos de la década de 1990 hasta la actualidad las actividades de transporte en España, medidas en unidades de transporte (viajeros-km y tm-km) se han multiplicado globalmente por un factor próximo a 2, mientras las emisiones de CO₂ se incrementaban en más de un 60 %, pasando de 58.506 Tm en 1990 a 93.957 en 2002, y ello considerando sólo los consumos en la etapa de tracción, y no en las demás fases del ciclo del transporte. Indudablemente, los datos sobre consumos energéticos agregados elaborados en 1992, que sirven de apoyo a las reflexiones recogidas en el próximo apartado, han perdido vigencia en términos cuantitativos, pero no en términos de distribución porcentual. Incluso, muy probablemente, las diferencias detectadas en aquel momento entre los consumos en la etapa de tracción y en el ciclo global se deben haber agrandado. Como se verá a continuación, mientras los consumos específicos de combustible de los vehículos han disminuido, el tamaño medio de los vehículos y el ritmo de renovación del parque han aumentado de forma espectacular, lo que debe haber incrementado de forma muy notoria el peso de la fase de construcción de los vehículos en la factura energética global. En todo caso, se considera que los datos de 1992 siguen siendo útiles para sustentar ciertas reflexiones sobre el modelo y las tendencias recientes de evolución del sector del transporte, como las que se recogen en el próximo apartado.

3. El Balance Energético del Transporte

Desde el punto de vista del consumo de energía en el transporte, para poder abordar el estudio del ciclo integral del transporte se hace necesario conciliar las fronteras sectoriales propias de las clasificaciones económicas convencionales –sobre las cuales se articula la mayor parte de la información estadística disponible–, con las fronteras físicas internas del ciclo de la producción de transporte. Para ello, este ciclo global debe ser dividido en una serie de fases o etapas bien identificadas y delimitadas en términos físicos, pero que engloben actividades suficientemente homogéneas según las clasificaciones convencionales, a fin de poder disponer de estadísticas suficientemente desglosadas.

Las fases en las que cabe abordar en términos prácticos el estudio de ese proceso pueden definirse de varios modos y con diferentes grados de desglose. A efectos de síntesis basta con contemplar una sencilla división por fases establecida como sigue:

FASE 1: Construcción de vehículos.

FASE 2: Construcción de infraestructuras.

FASE 3: Circulación.

FASE 4: Mantenimiento del sistema de transporte.

FASE 5: Eliminación o Gestión de residuos.

Algunas de estas fases se corresponden con sectores convencionales de actividad económica bien delimitados. Otras, como la de circulación y sobre todo, la de mantenimiento del sistema, incorporan multitud de actividades muy heterogéneas, y con fronteras bastante borrosas.

El Balance Energético del Transporte es el conjunto de los consumos energéticos ocasionados por las diversas actividades que contribuyen al ciclo global de producción de transporte. Para la elaboración del Balance Energético se realizaron diversos análisis específicos correspondientes a las diferentes fases del ciclo del transporte en cada medio.

Entre ellos cabe destacar aquí la monografía "Energía y automóvil: un análisis global" (Llop, M. y Román, M., 1993). Uno de los objetivos principales de ese trabajo, realizado con la colaboración de SEAT sobre las condiciones reales de funcionamiento de su factoría de la Zona Franca, era el de conocer los costes energéticos reales de la fabricación de un automóvil. Las conclusiones indicaron que la fabricación de un turismo de tipo medio de aquel momento requería un consumo de 1,68 Toneladas Equivalentes de Petróleo. Esta cantidad de energía equivalía, aproximadamente al 12% del combustible que el vehículo consumiría a lo largo de toda su vida útil, en las condiciones medias de utilización de los automóviles en España, incluidos los numerosos vehículos sometidos a utilización profesional intensiva. En numerosos vehículos privados de baja intensidad de utilización (vehículos de uso no cotidiano, de uso preferentemente urbano, segundos vehículos familiares, etc.), este porcentaje podía superar el 20%.

Los datos disponibles (DGT, 2002) indican que el peso de los costes energéticos de la fabricación de los vehículos en su ciclo de vida global puede estar aumentando. En primer lugar, se ha registrado un considerable aumento del tamaño medio del parque, que se refleja en la cilindrada media de los vehículos: mientras en 1992 la cilindrada media de los vehículos matriculados era de 1.545 cc, en 2001 esta cilindrada media había subido hasta 1.656 cc. Mientras en 1992 se matricularon 73.096 vehículos de más de 2.000 cc, en 2001 se matricularon 143.707, esto es, se matricularon casi el doble de grandes turismos, mientras se reducían en más de un 40% las matriculaciones de vehículos de menos de 1.200 cc. Desde 2001 hasta la actualidad esta tendencia se ha seguido reforzando.

Además, la renovación del parque ha sido espectacular. En 1992 se matricularon 1.008.454 turismos, bajando posteriormente la cifra hasta que en 1997 se volvió a superar el millón de matriculaciones, tras de lo cual se produjo un incremento que ha llevado, en los últimos años, a superar o bordear regularmente la marca de 1,5 millones de turismos matriculados. En la actualidad el parque español de vehículos de turismo es uno de los más modernos de Europa, pero la situación real queda oculta por la degradación de las estadísticas oficiales de la anti-

güedad del parque.

En efecto, estudios internos realizados hace años por la D.G. de Carreteras, no publicados por su carácter contradictorio sobre las estadísticas oficiales, evaluaban en más de 3 millones los vehículos retirados de la circulación, pero que se siguen contabilizando en las estadísticas oficiales de parque automovilístico porque no fueron dados de baja en su día. De hecho, en la estadística oficial de antigüedad del parque de vehículos figuraban en 2001 más de 2,6 millones de vehículos matriculados con anterioridad a 1981, esto es, con más de 20 años de antigüedad. La inmensa mayoría de estos vehículos simplemente no existen, pero por diversas circunstancias no fueron dados de baja en su día. Asimismo, figuraban como activos 1,6 millones de vehículos matriculados entre 1981 y 1985, esto es, con más de 15 años de antigüedad. Muchos de estos vehículos también han sido eliminados pero no dados oficialmente de baja, y continúan existiendo a efectos estadísticos.

El efecto que esta anomalía estadística produce sobre la antigüedad media oficial del parque es literalmente kafkiano. Cada año que pasa sin que un vehículo sea dado de baja, la administración considera que el vehículo sigue existiendo, pero con un año más de antigüedad. De este modo, existen oficialmente varios millones de vehículos fantasmas, muchos de los cuales han alcanzado ya "edades" que los harían merecedores de un puesto de honor en algún museo del automóvil, y que siguen contribuyendo con su vetusta edad virtual a elevar la edad media oficial del parque en España. Todo ello, por supuesto, para regocijo de las casas constructoras de automóviles, que en su deseo de ayudar a mejorar la "elevada antigüedad" del parque de turismos, han conseguido que el estado español extienda el Plan Prever (antiguo Plan Renove) incluso a la compra de vehículos de segunda mano.

La situación real del parque de vehículos en España cuestiona severamente la idoneidad ecológica del Plan Prever. Este programa se mantiene en vigor en España desde hace años con fuertes apoyos oficiales, y en su defensa se viene alegando, entre otros factores, que permite reducir el consumo energético del transporte en automóvil privado. El análisis global demuestra que las posibles mejoras de eficiencia energética de los nuevos motores quedan canceladas o muy mermadas por el sobrecoste energético que implica la retirada anticipada de vehículos que no han culminado su vida útil, y su sustitución por otros de nueva manufactura, que mayoritariamente son de peso y potencia muy superiores a los eliminados. El Plan Prever está siendo desde hace años no sólo inoperante, sino con toda probabilidad contraproducente para la reducción del consumo energético en el transporte.

El resultado final de los análisis condujeron a la construcción del Balance Energético del Transporte, que fue elaborado y publicado en su día en unidades energéticas (TEP). En el momento actual interesa analizar el problema desde el punto de vista de las emisiones de CO₂, para lo cual se ha elaborado el balance de emisiones de CO₂ a partir del Balance Energético. El resultado se presenta en la tabla adjunta, desglosado por modos de transporte. Los datos resultantes podrí-

an extrapolarse con bastante aproximación a la situación actual aplicando ciertos factores de incremento lineal, pero las limitaciones de información respecto al comportamiento de los distintos modos y medios de transporte aconsejan mantener los datos originales.

Emisiones de CO₂ en el ciclo integral del transporte. España, 1992

A. Emisiones totales por modos de transporte. Tm CO₂.

FASES:	Construcción de vehículos	Construcción Infraestructuras	Circulación vehículos	Mantenimiento del sistema	Eliminación vehículos	TOTAL
Viario	6.314.061	9.060.983	59.668.728	2.767.175	-284.582	77.526.368
Ferrovionario	70.386	444.178	1.441.354	324.067	-2.502	2.277.484
Aéreo	32.196	187.164	7.127.423	111.803	-1.091	7.457.498
TOTAL	6.416.643	9.692.326	68.237.505	3.203.046	-288.175	87.261.350
Reparto por modos (%)						
Viario	98,40	93,50	87,40	86,40	98,80	88,80
Ferrovionario	1,10	4,60	2,10	10,10	0,90	2,60
Aéreo	0,50	1,90	10,40	3,50	0,40	8,50
Reparto por fases (%)						
Viario	8,10	11,70	77,00	3,60	-0,40	100,00
Ferrovionario	3,10	19,50	63,30	14,20	-0,10	100,00
Aéreo	0,40	2,50	95,60	1,50	0,00	100,00

B. Emisiones específicas por modos: Kg CO₂ por cada 100 unidades de transporte (UT)⁽¹⁾.

FASES:	Construcción de vehículos	Construcción Infraestructuras	Circulación vehículos	Mantenimiento del sistema	Eliminación vehículos	TOTAL
Viario	0,74	1,06	7,07	0,32	-0,03	9,16
Ferrovionario	0,11	0,66	2,16	0,49	0,00	3,41
Aéreo	0,05	0,32	12,05	0,19	0,00	12,61

⁽¹⁾ Unidades de transporte en la Sección B: Plazas-Km + Tm-Km.

C. Emisiones específicas por medios de transporte: Kg CO₂/100 viaj-km, veh-km ó Tm-km⁽²⁾.

FASES:	Construcción de vehículos	Construcción Infraestructuras	Circulación vehículos	Mantenimiento del sistema	Eliminación vehículos	TOTAL
Viario						
Motos	1,51	0,90	7,13	0,32	-0,08	9,80
Turismos	1,96	1,46	12,48	0,58	-0,08	16,40
Autobuses	0,16	0,40	3,15	0,16	0,00	3,87
Furgonetas	1,56	3,89	31,87	1,48	-0,08	38,73
Camiones	0,42	1,93	7,68	0,34	-0,03	10,38
Ferrovial						
AVE	0,57	2,31	6,15	1,23	-0,02	10,24
Largo rec.	0,25	1,55	4,03	0,81	0,00	6,64
Cercanías	0,55	1,63	3,75	0,74	-0,02	6,68
Mercancías	0,11	1,31	5,41	1,08	0,00	7,91
Vía Estr.	0,25	2,35	5,41	1,31	0,00	9,31
Metro	0,13	0,49	4,58	1,67	0,00	6,87
Aéreo						
Pasajeros	0,05	0,32	14,57	0,24	0,00	15,18
Carga	1,54	8,98	165,95	2,60	-0,05	179,01

⁽²⁾ Viajeros-km para transporte de pasajeros, vehículos-km para furgonetas y Tm-km para carga. Las motos no incluyen ciclomotores.

Fuente: elaboración propia.

La Sección A de la tabla recoge las emisiones agregadas por modos de transporte (viario, ferroviario y aéreo) en cada fase del ciclo, así como la emisión total. Los resultados se presentan también en forma de porcentajes, para facilitar su interpretación. Es interesante observar cómo la cifra de emisiones globales atribuibles al sector del transporte se incrementa en más de un 30% cuando el análisis energético se plantea con el criterio de globalidad utilizado en el presente trabajo en lugar de restringirlo a las energías de tracción.

La aplicación de este criterio de imputación en lugar del enfoque fraccionario habitual modifica sensiblemente el mapa energético global que se maneja en España. Si en el reparto por grandes sectores (transporte, industria, doméstico, etc.), las diversas fuentes atribuyen al transporte en España un porcentaje del orden de un tercio del consumo total de energía primaria, el enfoque global apun-

ta hacia un porcentaje muy superior: cerca de la mitad del consumo de energía primaria en España derivaría directa o indirectamente de la producción de transporte.

En la tabla de porcentajes se pone de manifiesto la considerable eficiencia energética del modo ferroviario, que con una emisión de sólo el 2,6% del total de las emisiones de transporte terrestre y aéreo, genera el 6,9% de la oferta conjunta de transporte. En el modo aéreo se observa cómo las emisiones se concentran masivamente en la tapa de tracción, (debido a la ligereza de los vehículos y las infraestructuras propias de este modo). Este modo consume el 8,5% de las emisiones para producir el 6,1% de la oferta de transporte.

La Sección B presenta las emisiones específicas de cada uno de los tres modos de transporte (aéreo, ferroviario y aéreo). Los índices resultantes en la columna de totales de esta sección ofrecen la comparación más sintética posible entre las eficiencias energéticas globales de los tres grandes modos de transporte considerados. Tomando como base de eficiencia el ferrocarril, el transporte viario muestra una eficiencia casi tres veces inferior, y el aéreo casi cuatro veces inferior. Por su carácter agregado, y representativo de todo el ciclo de producción del transporte, estos índices tienen un profundo carácter estructural y están afectados por una gran inercia. Pueden ser leídos a modo de grandes "mandamientos energéticos" del transporte: "si basas tu sistema de transporte en la carretera provocarás el triple de emisiones que si lo basas en el ferrocarril"...etc.

En otros términos, estos índices están definiendo unos contornos de emisiones de los cuales no conseguirá escapar una cultura del transporte que conceda la hegemonía absoluta a uno cualquiera de los modos en detrimento de los demás. Las mejoras tecnológicas y organizativas suelen desplazar costes energéticos de unas a otras fases del ciclo, y finalmente permiten conseguir, a lo sumo, pequeños desplazamientos en el seno del correspondiente entorno global.

Por último, la sección C de la tabla presenta las emisiones específicas para los diferentes medios de transporte que se incluyen en cada uno de los tres modos considerados: motos, turismos, furgonetas, autobuses y camiones en el modo viario; AVE, largo recorrido, cercanías, mercancías, vía estrecha y metro para el modo ferroviario; y pasajeros y carga para el modo aéreo.

En el análisis del consumo por viajero se aprecia que el medio más eficiente es sin duda alguna el autobús, único que se sitúa por debajo de la barrera de 4 Kg de emisiones por cada 100 Viajeros-Km. Las diversas formas del ferrocarril convencional muestran también en general un comportamiento favorable, aunque no tanto como el autobús. Sin embargo, la diferencia entre ambos medios se debe más a las menores tasas medias de ocupación que se registraban todavía en 1992 en el ferrocarril convencional que a la eficiencia energética intrínseca de cada medio. Probablemente en la actualidad, con el fuerte incremento de la ocupación que ha conseguido RENFE en los últimos años con la política de trenes llenos ("todos los trenes con plazas reservadas y

limitadas, y el viajero que no encuentre plaza que vaya en autobús"), las emisiones por viajero-km se deben haber reducido considerablemente en el ferrocarril.

El avión, y en menor medida el AVE, constituyen los medios colectivos de mayor generación específica de emisiones, y ello pese a que en ambos casos las compañías gestoras están consiguiendo, en general, tasas de ocupación singularmente elevadas.

El exagerado consumo del modo aéreo para el transporte de mercancías se debe a que en este modo el consumo energético está muy directamente ligado al peso transportado, mucho más que en ningún otro modo. Las estadísticas de la tabla están calculadas en unidades de transporte, que en pasajeros corresponden a Viajero-Km y en mercancías corresponden a Tm-Km. Un viajero medio con equipaje pesa unos 85 kg, y una tonelada equivale a 1.000 kg, esto es, casi 12 veces más. Esta diferencia de peso se transmite de modo prácticamente proporcional a los consumos unitarios del medio de carga aérea respecto al de pasajeros.

La máxima ineficiencia energética de todos los medios analizados aparece en los turismos, cuya emisión global supera los 16 Kg de CO₂ por cada 100 Viajeros-Km. El turismo medio aparece como incluso menos eficiente que el avión, desde el punto de vista energético global. Esta conclusión contradice la visión usual que se tiene de los consumos energéticos relativos de ambos modos, basada, en primer lugar, en análisis fragmentarios (sólo de la energía de tracción, y no del ciclo global del transporte); en segundo lugar, en los consumos de tracción teóricos de los automóviles y los aviones, y no en los que se presentan en la realidad (expresados a través de los combustibles realmente suministrados); en tercer lugar, en las condiciones ideales de ocupación de los vehículos, y no en las que se producen en la realidad; y en cuarto lugar, en la no consideración de la carga comercial como consumidora de combustible en los aviones de pasajeros, que cuando no van llenos frecuentemente completan su capacidad con cargas comerciales.

Sobre estas bases, la visión tradicional ha venido asignando al avión un coste energético por Viajero-Km superior al del automóvil y al de cualquier otro medio. Sin embargo, el análisis global confirma el elevado coste energético del avión, pero acto seguido demuestra que en sociedades con elevada tasa de motorización, en las que la ocupación media de los vehículos privados es necesariamente muy baja, el automóvil es el menos eficiente de todos los medios de transporte de viajeros disponibles. Además, las formas reales de utilización de los automóviles, a elevadas velocidades en recorridos interurbanos, y en situaciones de congestión perpetua en las ciudades, elevan notablemente los consumos, y por tanto las emisiones. De hecho, la emisión real del automóvil medio en España en 1992, sólo en la etapa de tracción, se situaba ligeramente por encima de 200 gr. de CO₂ por km, cifra muy superior a los índices técnicos de emisión de esa categoría de automóviles, que suelen ser inferiores a los 150 gramos.

Es interesante señalar que si se considera por separado el segmento de los automóviles de gama alta (más de 2.000 CC), los resultados que se obtienen en cualquier comparación son escandalosos. La emisión global de estos vehículos supera los 30 Kg. por 100 Viajeros-Km, esto es, doble que el avión, casi cinco veces más que el tren, y ocho veces más que el autobús. Sin embargo, como se vió anteriormente, esta categoría de vehículos es la que más ha incrementado sus matriculaciones, en buena parte estimulada por las ventajas fiscales que disfruta el automóvil en España (Plan Prever, baja fiscalidad general en la adquisición y la tenencia de automóviles, baja imposición sobre los combustibles, etc.), si se compara con el tratamiento que este medio de transporte, generador de grandes costes sociales, recibe en la mayoría de los países europeos.

En el análisis del consumo por plaza ofrecida, cuyos datos numéricos diferenciados por medios no se presentan para no hacer excesivamente prolija la exposición, que indica la eficiencia energética potencial de cada modo, la condición de máximo generador de emisiones pasa a ser ocupada por el avión. El AVE ocupa el segundo lugar, distanciándose netamente de los restantes medios de transporte colectivo terrestre. De hecho, el AVE presenta una emisión por plaza ofrecida que es sólo un 20 por ciento menor a la del avión. Las cuentas energéticas integradas confirman que el AVE es un modo de transporte esencialmente distinto del ferrocarril convencional desde el punto de vista ecológico, pues se mueve en entornos de impacto ambiental diferentes. Ofrece ventajas bastante limitadas sobre el avión en materia de incidencia sobre el medio ambiente global, y desventajas importantes en su influencia sobre el medio ambiente local, puesto que su afección territorial es mucho mayor. Por su parte, el automóvil ocupa el tercer puesto en cuanto a consumo energético global por Plaza-Km ofrecida, tras el avión y el AVE.

Es interesante observar cómo el abanico de medios de transporte de viajeros se desdobra en dos grandes grupos de muy diferente carácter desde el punto de vista de sus emisiones. Por un lado aparece un grupo de medios de transporte altamente consumidores de energía y con un fuerte impacto ambiental (el Avión, el AVE y el Automóvil), y por otro todos los restantes, que se concentran en un rango de eficiencias netamente superiores. En los últimos años, estos tres medios de transporte han recibido el apoyo de las instituciones públicas, tanto estatales como autonómicas y locales, de modo muy mayoritario cuando no excluyente en relación con los otros medios. En la actualidad, España tiene ya la segunda red de autopistas de Europa, sólo superada por Alemania en términos absolutos, y no superada por ningún otro país en términos de dotación por habitante o por vehículo. Asimismo, el programa español de alta velocidad ferroviaria es el más ambicioso de Europa, y actualmente sólo Francia tiene más kilómetros de alta velocidad en servicio que España, si se cuenta el tramo entre Zaragoza y Lérida.

En estas condiciones, no es de extrañar que las emisiones de CO₂ en transporte hayan aumentado en España en más de un 60 % desde 1990 hasta la actua-

lidad. El fracaso ambiental de la política española de transportes era desde hace años un fracaso anunciado, porque era un fracaso que estaba siendo construido, año a año, a través del mantenimiento de unas políticas de transporte que no sólo eran opuestas a las recomendadas por la Comisión Europea, sino que eran ajenas al consenso mayoritario que reinaba en el sector del transporte en Europa al menos desde comienzos de la década de 1990. Manteniendo estas políticas durante años se ha destrozado toda posibilidad de cumplimiento del Protocolo de Kyoto por parte de España. En el campo del transporte, como en otros campos, la irresponsable política ambiental desarrollada durante los ocho años de gobierno del Partido Popular, que sucedió a una última etapa de gobierno socialista que tampoco otorgó prioridad a este aspecto, ha conducido a una situación que resulta muy difícil de enderezar.

4. El transporte frente al compromiso de Kyoto

Según el compromiso de la Unión Europea acordado en el Protocolo de Kyoto, la Unión deberá reducir las emisiones totales de CO₂ en el periodo 2008-2012 un 8% sobre el nivel de emisión de 1990. En el reparto de derechos de emisión entre los países miembros, a España le correspondió un crecimiento máximo del 15% sobre las emisiones de 1990.

Uno de los mecanismos puestos en marcha para alcanzar los objetivos de Kyoto es el sistema de comercio de derechos de emisión. La Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003 (DOCE L 275/32. 25 de octubre de 2003), establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en la Comunidad, a fin de fomentar reducciones de las emisiones de estos gases de una forma económicamente eficiente. Esta directiva afecta a un conjunto de sectores industriales que se recogen en el cuadro adjunto.

Aunque el transporte no figura entre los sectores industriales que se encuentran directamente afectados por la Directiva, en el Plan Nacional de Asignación aprobado en septiembre de 2004 (MIMAM, 2004) se ha incorporado un conjunto de medidas para los sectores no cubiertos por la Directiva.

El sector del transporte ocupa un lugar especial entre estos sectores. Lleva años creciendo a una media del orden del 6% anual, y es el sector de actividad en el que más se han incrementado las emisiones desde la firma del Protocolo de Kyoto. Las perspectivas de crecimiento para la próxima década superan el 4% anual, y si se cumplen, en 2012 el sector podría superar por sí solo a la suma de todos los sectores industriales. Si se computa la energía primaria (imputando el coste de transporte y el refinado de carburantes), y se incluye el ciclo global del transporte, siguiendo la metodología reseñada en el apartado anterior, hace mucho tiempo que el transporte es el principal sector emisor.

Emissiones de CO₂ en España. Tm de CO₂ equivalente

Sectores	2002	2002	2002
A) Sectores afectados por la Directiva 2003/87/CE.			
Generación eléctrica	61,60	86,80	95,90
Refino de combustibles	12,60	15,20	14,90
Siderurgia	13,90	10,80	10,80
Cemento y Calces	22,70	27,10	28,80
Vidrio y cerámica	6,10	8,60	9,40
Papel	2,30	3,60	4,50
TOTAL SECT. DIRECTIVA	119,20	152,10	164,30
B) Principales sectores no afectados.			
Transportes	58,5	87,3	94,0
Residencial-Servicios	18,1	24,8	24,6
Agrario	46,8	54,4	53,9
Residuos	9,5	14,5	15,7
Gases Fluorados	3,3	8,8	4,4
SUBTOTAL NO AFECT.	136,2	189,9	192,5
OTROS (Incl. otros GEI)	30,3	44,7	44,5
TOTAL NACIONAL	285,7	386,7	401,3

Fuente: Plan Nacional de Asignación de Emisiones. Septiembre 2004.

Para tratar de moderar las emisiones del transporte, en el mes de diciembre de 2003 el Gobierno aprobó la llamada Estrategia E4, para el periodo 2004-2012. Mediante esa estrategia no se pretendía reducir las emisiones del transporte, objetivo que no era del interés del gobierno en ese momento, sino incrementar el ahorro y la eficiencia en el uso de la energía, a fin de que el crecimiento del consumo de combustibles en el sector no fuera tan rápido como indicaban los escenarios tendenciales. Según éstos, el consumo del sector hubiera pasado desde las 35.000 ktep actuales a unas 53.000 en 2012, haciendo completamente imposible el cumplimiento del protocolo de Kyoto, e incluso un razonable acercamiento al mismo. La Estrategia E4 intentaba que en el año 2012 la demanda de combustibles fósiles en el transporte no superase los 48.000 ktep. En cualquier caso, por

sí misma la Estrategia E4 no es capaz de contener el crecimiento de las emisiones del transporte encauzándolas en los niveles que marca el Plan Nacional de Asignación.

Por esta razón se ha incorporado al Plan Nacional de Asignación una serie de medidas, algunas de las cuales estaban previstas en la Estrategia E4, y otras han sido planteadas con carácter complementario. El conjunto de las medidas aprobadas es el siguiente:

Medidas sobre el sector transporte incluidas en el Plan Nacional de Asignaciones de Derechos de Emisión (BOE 7-9-2004)

ESTRATEGIA E4

1. Cambio modal

- Planes de Movilidad Urbana
- Planes de Transporte para Empresas
- Mejorar los medios colectivos de transporte por carretera
- Incrementar la participación del ferrocarril en el transporte de viajeros
- Incrementar la participación del transporte marítimo de mercancías

2. Uso eficiente del transporte

- Mejor gestión de las infraestructuras de transporte
- Mejor gestión de flotas por carretera
- Mejorar la gestión del tráfico aéreo
- Conducción eficiente del vehículo privado
- Conducción eficiente de camiones y autobuses
- Buenas prácticas en el tráfico aéreo

3. Mejora de eficiencia energética de los vehículos

- Renovación de la flota de transporte

MEDIDAS COMPLEMENTARIAS

Incluye un extenso conjunto de medidas que se agrupan en tres bloques:

1. Mejora de eficiencia y uso de combustibles alternativos
2. Fomento de la intermodalidad
3. Actuaciones en entornos urbanos
4. Otras medidas, incluyendo especialmente la reducción de velocidad

Respecto al punto 3 de la Estrategia E4 hay que insistir en la inadecuación de la medida de la renovación acelerada de la flota de transporte, que en el caso de los automóviles de turismo, puede resultar contraproducente. Proponiendo esta medida se sigue asumiendo implícitamente que la renovación acelerada del parque puede contribuir a reducir las emisiones, pero esta propuesta no se acompaña de ningún análisis de la eficiencia energética global de esta medida. A este respecto, conviene tomar en consideración, además de los aspectos propiamente técnicos expuestos anteriormente, que los usuarios tienden a utilizar más intensamente sus automóviles en los primeros años después de la compra que en etapas posteriores de la vida del vehículo, en detrimento de la utilización de otros medios de transporte. Incluso, en los primeros años de uso, las encuestas revelan sistemáticamente la realización de un considerable número de viajes motivados únicamente por el deseo de utilizar el nuevo automóvil, y que no se realizarían en otras circunstancias.

En suma, tanto los estudios sobre la conducta de los compradores de automóviles, como la experiencia de los diferentes planes "Renove" o "Prever" realizados hasta el momento en Europa, demuestran que cualquier política de estímulo de la renovación acelerada del parque de automóviles es, ante todo y sobre todo, una política de estímulo de la producción y uso del automóvil privado, y como tal, contribuye globalmente al aumento de las emisiones de CO₂ en este sector. La renovación acelerada del parque de automóviles refuerza la sociedad del automóvil y juega en contra del reequilibrio de las emisiones de CO₂, y no a favor del mismo.

Sobre el resto de las medidas contempladas en la estrategia E4 no se plantean objeciones o comentarios específicos, considerando que, en general, pueden resultar positivas, aunque dado su grado de generalidad, su eficacia práctica dependerá del modo en que se desarrollen técnicamente, y de la profundidad y decisión política con que finalmente se apliquen.

Es importante señalar el especial interés de las medidas complementarias propuestas. La intermodalidad, tanto para los desplazamientos metropolitanos como para los viajes interurbanos, es esencial para moderar el uso del automóvil privado, sin lo cual no hay posibilidad alguna de que España deje de alejarse cada día más del cumplimiento del Protocolo de Kyoto.

En España, la intermodalidad ha sido hasta ahora un concepto prácticamente inexistente en la ordenación del transporte. En el medio urbano, las actuaciones de intermodalidad requieren un grado de colaboración y consenso institucional que no es fácil de conseguir, habida cuenta de las profundas diferencias de cultura de transporte que, en no pocos casos, se registran entre las diferentes administraciones. Cabe hallar algunas excepciones a esta situación en algunas intervenciones de transporte urbano acometidas en los últimos años, por las que se han creado en algunas grandes ciudades los llamados "intercambiadores de transporte".

Por el contrario, en lo que se refiere al transporte interurbano, la intermodalidad no sólo no ha estado presente en la planificación, sino que la introducción

de obstáculos a las transferencias modales (alejamiento de las estaciones de los diferentes modos, incompatibilidad de horarios, etc.) se ha entendido en ocasiones por algunos operadores como una forma de protección frente a la competencia intermodal.

En síntesis, las prioridades para la reforzar la integración y la intermodalidad en los sistemas de transporte se pueden expresar de la forma siguiente:

INTERMODALIDAD DE VIAJEROS:

Integración de itinerarios, coordinación de horarios e información unitaria en servicios intermodales unificados; tecnologías y procesos de gestión para aumentar la participación del ferrocarril en el conjunto del transporte; prioridad a las soluciones intermodales en los problemas de congestión urbana; inversión en infraestructuras de intercambio modal.

INTERMODALIDAD DE MERCANCÍAS:

Gestión globalizada en el transporte combinado y el manejo intermodal de contenedores; aplicación de tecnologías de la información a la gestión, posicionamiento y control de cargas en todos los modos, y en itinerarios intermodales.

REGULACIÓN:

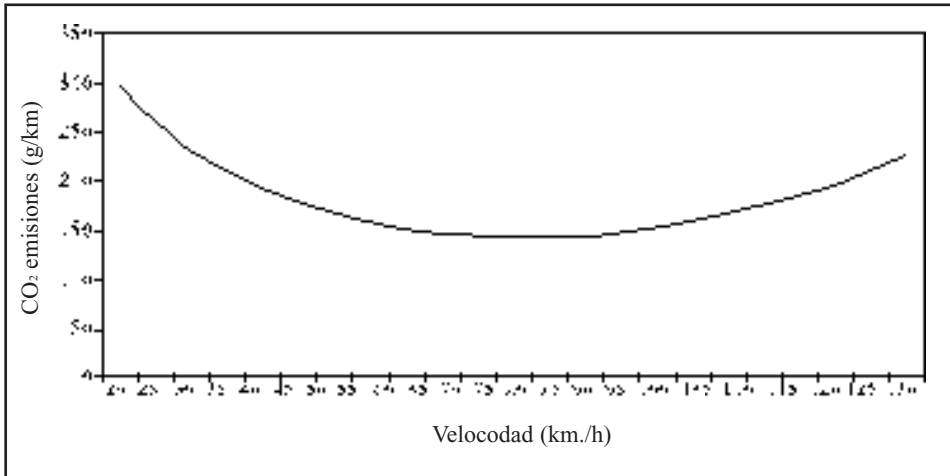
Reestructuración del marco normativo y de la estructura institucional de gestión, regulación y financiación del transporte, estableciendo mecanismos que faciliten al sector público la actualización de los servicios en función de las transformaciones de la demanda, y que faciliten la coordinación entre operadores de distintos modos.

Por último, la reducción de la velocidad de circulación es sin duda la principal de todas las medidas propuestas y la que mejores resultados puede ofrecer en el campo del transporte, razón por la que se analiza de modo específico en el próximo apartado.

5. Velocidad y emisiones de CO₂

Las emisiones de CO₂ de los automóviles están estrechamente relacionadas con la velocidad de circulación. Las emisiones de CO₂ son directamente proporcionales al consumo de combustible, y los consumos mínimos se obtienen a velocidades comprendidas entre 80 y 100 km/hora, como se puede observar en el gráfico siguiente (DETR, 2000), que muestra las emisiones de CO₂ de un automóvil de gasolina según la normativa Euro II.

Emisiones de CO₂ de un automóvil Euro II de gasolina en función de la velocidad



Fuente: Departamento de Medio Ambiente, Transporte y Regiones del Gobierno del Reino Unido.

Dado que el consumo de un vehículo de turismo medio en circuito urbano es típicamente un 60 por ciento superior al alcanzado en el régimen óptimo, la incidencia global del tráfico urbano sobre el conjunto de las emisiones es muy importante, habiéndose estimado en más de la mitad del total, aunque el porcentaje del kilometraje recorrido en las ciudades es muy inferior.

En el otro extremo, la conducción a velocidades elevadas, y más aún si se trata de una conducción "agresiva", genera también consumos de combustible notablemente elevados. Es bien sabido que fomentar la conducción tranquila constituye una de las mejores formas de reducir el consumo de combustible en cualquier red viaria. A este respecto fue determinante la experiencia de la primera crisis del petróleo, en los años 1970, cuando la introducción en casi todos los países industrializados de limitaciones de velocidad generalizadas y severamente controladas, produjo un descenso espectacular de los consumos, de hecho mucho mayor que lo esperado, además de contribuir de modo decisivo a la reducción de la siniestralidad.

Desde entonces, la eliminación de los modos de conducción calificados como "agresivos" se ha ido convirtiendo en uno de los principales objetivos de las políticas conjuntas de seguridad vial y de protección medioambiental que han ido estableciendo los países más avanzados. La conducción tranquila es mucho más segura, genera menos emisiones y menos ruido, alarga la vida de los vehículos, permite diseñar las infraestructuras con parámetros más modestos y con menor coste e impacto territorial y paisajístico, y mejora de modo espectacular la habitabilidad de las ciudades y del territorio en general.

En los últimos años, en la mayoría de los programas de seguridad vial se

están introduciendo medidas especiales para "civilizar" a la minoría de conductores agresivos que producen los efectos opuestos: consumen grandes cantidades de combustible, generan elevadas emisiones, provocan la mayor parte de los accidentes y obligan a sobredimensionar los proyectos de carreteras y a elevar los parámetros de diseño, incrementando con ello el coste de las obras, el consumo de territorio y el impacto ambiental.

Lamentablemente, en España se viene siguiendo el camino contrario, esto es, se van acondicionando las redes de carreteras para soportar los comportamientos de los conductores agresivos, y luego se muestra una cierta comprensión o tolerancia con las infracciones cometidas por éstos. El resultado de esta política es bien conocido en materia de seguridad vial, con un índice de accidentalidad impropio de un país con el nivel de desarrollo que ha alcanzado ya España. En materia de consumo de combustible, no se pueden confirmar estadísticamente los elevados consumos medios por kilómetro recorrido que todos los indicadores parciales señalan, ya que no existen datos fiables sobre el kilometraje real recorrido, pero todo apunta a que, a igualdad de todos los demás factores, los consumos medios por kilómetro en España deben ser superiores a los de la mayoría de los restantes países europeos.

6. Principio de internalización de los costes energéticos: aplicar al transporte los mecanismos de Kyoto

Al quedar el sector del transporte fuera del ámbito de aplicación directa de la Directiva de Comercio de Emisiones, no queda ninguna garantía de que el sector asuma ciertos compromisos de autolimitación de emisiones, o que alternativamente deba hacer frente a ciertas penalizaciones en caso de incumplimiento. Tratándose de un sector completamente atomizado por el lado del consumo de energía, es muy difícil, por no decir imposible, alcanzar acuerdos de limitación de emisiones en el ámbito del consumo final.

En esta situación, si finalmente, como es de temer a la vista de las tendencias actuales, el sector del transporte incumple abiertamente los objetivos de moderación de las emisiones establecidos en el PNA, tendrá que ser el gobierno español el que adquiera derechos de emisión en el mercado internacional, para compensar los excesos de emisión del transporte.

Una eventual solución de este tipo se considera muy negativa. En primer lugar, porque haría recaer injustamente en el conjunto de la sociedad española las consecuencias económicas de la expansión de un determinado sector productivo. En segundo lugar, porque representaría un incentivo para el sector del transporte en la dirección equivocada: si los excesos de emisiones corren a cargo del gobierno, no hay ninguna razón para controlar tales excesos en el seno del sector. Y por último, porque esta solución podría ocasionar una discriminación entre los modos del transporte que no estuvieran sometidos directamente a las normas de Kyoto, y los que sí lo estuvieran: los modos de transporte usuarios de energía eléctrica como fuerza motriz tendrían los costes de Kyoto repercutidos en las tari-

fas eléctricas, mientras que los usuarios de combustibles líquidos o gaseosos sólo tendrían repercutidos los costes de las emisiones ocasionadas en el refino, pero no los de las ocasionadas en la combustión, que representan más del 85 por ciento del total. El hecho de que los acuerdos conseguidos por el sector eléctrico hacen pensar en un coste de Kyoto bastante pequeño para este sector, no invalida el principio de este razonamiento.

Se produciría así la paradoja de que los costes de Kyoto en el sector transporte acabarían afectando, vía tarifas eléctricas, al modo ambientalmente más benigno, que es el ferrocarril, mientras quedaban a salvo de sus efectos los modos más fuertemente emisores, que son el modo viario y el modo aéreo.

Sin embargo, esta situación se podría evitar con relativa facilidad. El sector de la producción y distribución de combustibles está muy concentrado, y no debería haber especiales dificultades para atribuirle una determinada cuota de emisión, obligando al sector a adquirir derechos de emisión en el caso de que la venta de combustible superase los umbrales establecidos en los horizontes acordados. Los costes correspondientes serían tratados como un coste productivo dentro del sector, y repercutidos lógicamente sobre los usuarios finales de los diferentes combustibles.

El sector del transporte, en España y en toda Europa, ha logrado hasta ahora mantenerse al margen del principio de "el que contamina paga", y de prácticamente cualquier otro compromiso de compatibilización ambiental. Sin embargo, esta situación no debería proyectarse sobre la aplicación del compromiso de Kyoto. La lógica de Kyoto es un planteamiento de "o te autocontrolas o pagas", que no debiera dejar fuera a ningún sector económico, so pena de debilitar considerablemente su propia legitimación, y finalmente, también sus resultados.

Las alusiones que se suelen hacer a la supuesta incapacidad económica del sector del transporte para asumir los eventuales costes de un incumplimiento de Kyoto responden a exageraciones que no resisten el más somero análisis.

En efecto, partiendo, como hipótesis inicial, de un coste del derecho de 10 €/Tm (la cotización actual está en torno a 8,5 €/Tm), la repercusión de este coste sobre cada litro de combustible de consumo excedido se situaría en el entorno de 25 céntimos de euro por litro (Estevan, A., 2004). Puesto que los derechos de emisión sólo habría que adquirirlos sobre las emisiones en exceso sobre el umbral establecido, pero el coste se repercutiría sobre todo el combustible distribuido, la repercusión real por litro sería irrisoria. Por ejemplo, para un exceso de emisiones del 10%, la repercusión sería de 2,3 céntimos de euro por litro. Incluso en un escenario de 40 €/Tm -difícil de alcanzar porque antes de llegar a él se abrirían amplias perspectivas de incremento de las energías renovables- la repercusión, para una desviación del 10% sobre los consumos acordados, se mantendría por debajo de 0,1 €/litro para el consumidor final.

Ciertamente, en caso de producirse mayores desviaciones, combinadas con eventuales situaciones de escasez en el mercado de derechos de emisión, las repercusiones podrían aumentar, pero un aumento significativo se traduciría en incentivos apreciables para una reducción del consumo, o para incrementar la

introducción de biocombustibles. Justamente el tipo de mecanismos que pretenden potenciar el sistema de comercio de derechos de emisión.

Si finalmente, como es de temer, no se adopta la decisión política de hacer que el sector del transporte pague directamente los costes que genere en relación con el cumplimiento del Protocolo de Kyoto, para repercutir los costes sobre el sector sólo quedaría la solución de computar tales costes como una aportación del estado al desenvolvimiento económico del sector, esto es, como una especie de subvención. Esta subvención debería entrar en el balance global de costes públicos de mantenimiento del sistema de transportes y, por tanto, según el principio de plena recuperación de costes aplicado al área de infraestructuras y mantenimiento del sistema de transportes, el impuesto especial sobre carburantes debería ser modificado para incorporar ese nuevo coste. Esto evitaría que el conjunto de la sociedad se hiciera cargo, una vez más, de un nuevo coste generado por el transporte, con un volumen nada desdeñable.

Esta solución, aunque desde el punto de vista económico es similar a la anterior, probablemente no sería tan eficiente, ya que no incentivaría de modo directo a los operadores del sector a reducir las emisiones en su ciclo global de actividad. En efecto, si el estado introduce una "tasa de Kyoto" sobre los carburantes, todas las empresas operadoras de combustibles se limitarán a cargarla sobre el precio, como ya hacen actualmente con los impuestos sobre carburantes. Por el contrario, si son las operadoras las que resultan gravadas directamente en función de su contribución global a la emisión de CO₂, tratarán de optimizar sus operaciones para soportar el mínimo gravamen posible. Por ejemplo, pueden ajustar los precios de los diversos combustibles para estimular el consumo de aquellos que generen menos emisión. Pueden también introducir nuevas formulaciones de combustibles (por ejemplo, con cierta dosificación de biodiesel), si ello les reduce los costes fiscales. Pueden participar en mercados internacionales de emisiones, o en ciertos mecanismos flexibles, o en general, adoptar medidas para mejorar la eficiencia en todo el ciclo del combustible (extracción, transporte, refino, distribución).

En principio, siempre que exista una buena regulación estatal y un adecuado control fiscal, la imposición directa de tasas que graven globalmente los impactos ambientales generados por los operadores puede estimular más la eficiencia que la imposición de tasas sobre el consumo. Estas tasas no sólo no estimulan cambios de conducta en los operadores, sino que sólo son capaces de modificar sustancialmente las conductas de los usuarios si alcanzan niveles muy elevados, lo que difícilmente se puede conseguir en la práctica, por lo que se acaban convirtiendo en simples mecanismos de recaudación sin efectos apreciables sobre el consumo.

7. Conclusiones generales

Los datos de consumo energético indican que el transporte es un sector crucial en el cumplimiento del protocolo de Kyoto. Considerando sólo las emisiones de la etapa de tracción, el sector es responsable de la cuarta parte de las emisio-

nes de CO₂ que se realizan en España. No hay posibilidad de cumplimiento español del compromiso de Kyoto si no se producen cambios importantes en la orientación del transporte, que se traduzcan en sustanciales reducciones de las emisiones previstas respecto a los escenarios tendenciales. De lo contrario, al haber quedado el sector del transporte fuera del sistema de comercio de derechos de emisión, tendrá que ser el gobierno español el que adquiera créditos de emisión en el mercado internacional, para compensar los excesos de emisión del transporte.

Esta negativa situación, que se perfila muy probable, se podría evitar. El sector de la producción y distribución de combustibles está muy concentrado, y sería técnicamente factible aplicarle los mecanismos de Kyoto, atribuyéndole una determinada cuota de emisión. Si la venta de combustible superase los umbrales establecidos, el sector tendría que adquirir derechos de emisión. Los costes correspondientes, que en una primera valoración parecen asumibles en la estructura de costes del sector sin especiales dificultades, serían tratados como un coste productivo, y repercutidos sobre los usuarios finales de los diferentes combustibles.

Una solución alternativa es la de que sea el estado el que adquiera los derechos, y posteriormente, en aplicación del principio de plena recuperación de costes, cargue su importe sobre el impuesto especial sobre carburantes. Esta solución no sería tan eficiente como la anterior, ya que incentivaría en menor medida la moderación del consumo y la reestructuración del mercado de combustibles para reducir las emisiones, pero al menos evitaría que el conjunto de la sociedad se hiciera cargo de un nuevo coste generado por el transporte.

Bibliografía

DETR-Departamento de Medio Ambiente, Transporte y Regiones del Reino Unido (2000): *New directions in speed management: A review of policy*, Londres.

DGT-Dirección General de Tráfico (2002): *Anuario 2001*, Ministerio del Interior, Madrid.

ESTEVAN, A. (1993): *Análisis de externalidades y condicionantes de la competitividad por modos de transporte*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid

ESTEVAN, A. (2004): *Externalidades del transporte: modelo de evaluación*, Ministerio de Fomento, Madrid.

ESTEVAN, A Y SANZ, A. (1996): *Hacia la reconversión ecológica del transporte en España*. Ed Bakeaz, Bilbao.

ESTEVAN, A Y VEGA, P. (1992): *Balance Contable de la Carretera*, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid

LLOP, M. Y ROMÁN, M. (1993): *Energía y automóvil: un análisis global*, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid.

MIMAM-Ministerio de Medio Ambiente (2004): *Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión*. Real Decreto 1866/2004 de 6 de septiembre, BOE 7 de septiembre de 2004, Madrid.

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y ESTRUCTURAS DE CONSUMO EN ESPAÑA

Mònica Serrano*

Fecha de recepción: 3 de febrero de 2005

Fecha de aceptación y versión final: 17 de abril de 2005

Resumen: La aplicación del principio contable de la producción y del consumo permite determinar la responsabilidad de la contaminación atmosférica desde dos perspectivas diferentes. En este artículo, sobre la base del principio contable del consumo, se analiza la relación entre los patrones de consumo de los hogares españoles y las emisiones de los gases de efecto invernadero en 1998. Para ello, se desarrolla un modelo input-output medioambiental ampliado en el que se combinan datos de tablas input-output, encuestas de presupuestos familiares y cuentas satélite sobre las emisiones atmosféricas. Finalmente, se muestra que, aunque los hogares con mayores ingresos son los que más contaminan en términos de unidades equivalentes de CO₂, sus patrones de consumo, en cambio, contribuyen algo menos al efecto invernadero.

Palabras clave: Input-output, patrones de consumo, emisiones gases efecto invernadero.

Abstract: In order to evaluate the responsibility for the greenhouse gas emissions from two different frameworks, it should be

* Departament de Teoria Econòmica. Universitat de Barcelona. monica.serrano@ub.edu

La autora agradece los comentarios y el constante apoyo recibidos de Jordi Roca; la información facilitada por Félix Alonso, María Luisa Egido y Teresa Palomar del Instituto Nacional de Estadística y a Abel Lucena por la ayuda prestada en la programación. Cualquier error u omisión es responsabilidad única de la autora.

applied both a production and a consumption accounting principle. By using the consumption principle, we analyse the relation between Spanish household consumption patterns and greenhouse gas emissions in 1998. We combine input-output tables, national consumer survey statistics and environmental pollution satellite accounts into a generalized environment input-output model. It is concluded that the more income households have, the more emissions of greenhouse gases they generate. However, the results also show that their consumption patterns contribute less to the global warming.

Key words: Input-output, consumption pattern, greenhouse gases emissions.

1. Introducción

Con la entrada en vigor de los acuerdos suscritos en el Protocolo de Kyoto, el objetivo de reducción de emisiones impuesto a la Unión Europea exige que en el periodo 2008-2012 se emitan un 8% menos de gases de efecto invernadero (GEI)¹ que en 1990 (United Nations, 1997). La Directiva Europea 2002/358/CE que ratifica el protocolo, reparte este objetivo entre los países miembros de forma que el estado español puede aumentar un 15% las emisiones de GEI con respecto al año de referencia. No obstante, actualmente España se encuentra lejos de poder cumplir el compromiso adquirido ya que en el año 2002 estas emisiones suponían casi el 40% de los niveles registrados en 1990².

La mayor parte de los estudios y debates se han centrado, por una parte, en la discusión sobre los mecanismos establecidos que permiten a los países y sectores productivos asumir los costes económicos que supone la superación de los niveles establecidos –un ejemplo es el mercado de derechos de emisión–

¹ El Protocolo de Kyoto, que entró en vigor el 16 de febrero de 2005, permitirá controlar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) de los países industrializados y de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

² Real Decreto 1866/2004 de 6 de septiembre, por el que se aprueba el Plan Nacional de asignación de derechos de emisión 2005-2007, publicado en el BOE núm. 216, 7 de septiembre de 2004.

y, por otra, en el diseño de políticas sectoriales que incentiven cambios en los procesos de producción o que potencien la utilización de fuentes de energía alternativas menos contaminantes, para reducir las emisiones de GEI. Sin embargo, muy pocos han enfocado el problema preguntándose en qué medida las tipologías de consumo contribuye a la contaminación atmosférica. Este es precisamente el objetivo de este trabajo: analizar la relación entre los patrones de consumo de los hogares españoles y las emisiones de GEI para poder determinar el grado de responsabilidad de los diferentes grupos de consumidores y en qué medida el nivel de renta contribuye a estructuras de gasto más o menos favorables en la contaminación atmosférica.

La mayoría de las instituciones estadísticas, fundamentadas en razones básicamente empíricas, registran las emisiones de sustancias contaminantes basándose en el principio contable de la producción. Según este principio, el "productor" es responsable de las emisiones de GEI que se generan y, en este sentido, estas emisiones se localizan en los procesos que realmente emiten GEI a la atmósfera: los procesos de producción de bienes y servicios, la producción de energía y, en el caso de los hogares, el uso de combustibles, calefacción y otras actividades³. Sin embargo, de acuerdo con el principio contable del consumo, el responsable de las emisiones de GEI derivadas de la producción de energía y de bienes y servicios que se demandan no es quién los produce, sino quién demanda dicha energía o el resto de los productos. Usando este principio, las emisiones están relacionadas con el uso final de los bienes y servicios incluso si estos se importan desde otras economías (Munksgaard y Pedersen, 2001). La diferencia entre los dos principios se basa en la distinción entre "emisiones de CO₂" y "responsabilidad por el CO₂" realizada por Proops et al. (1993). Este enfoque ha permitido que, recientemente, numerosos estudios hayan tratado de vincular el patrón de consumo de los hogares con el nivel de emisión de gases contaminantes mediante la integración de modelos input-output y de análisis de requerimientos de energía o de flujos de emisión (Wier, 1998; Mukhopadhyay y Chakraborty, 1999; Wilting et al., 1999; Jacobsen, 2000; Munksgaard et al., 2000 y Lezen, 2001). Otros estudios han ido más allá incluyendo información sobre las características de los hogares –como por ejemplo, el nivel de educación, el número de hijos o el estatus socioeconómico– (Vringer y Blok, 1995; Duchin, 1998; Lenzen, 1998; Biesiot y Noorman, 1999; Weber y Perrels, 2000 y Wier et al., 2001). Estos estudios se centran, mayoritariamente, en el análisis de las emisiones de CO₂ tanto de las vinculadas directamente al uso de la energía residencial o para transporte como de la energía utilizada en la producción de los diversos bienes y servicios que son consumidos por los hogares.

En este artículo, se analiza de forma novedosa para España la relación entre los patrones de consumo de los hogares españoles por percentiles de

³ Este es el principio que se presume en el acuerdo de Kyoto y en la contabilidad ambiental llevada a cabo por el Instituto Nacional de Estadística.

ingreso equivalente y las emisiones no sólo de CO₂, sino también de los otros cinco gases regulados por el Protocolo de Kyoto –CH₄, NO₂, SF₆, HFC y PFC–. Siguiendo la tradición de los trabajos anteriores, se utiliza un modelo input-output medioambiental ampliado en el que se combina la información de tablas input-output, encuestas de presupuestos familiares y en el que, a diferencia de los estudios anteriores, no se utiliza tablas input-output energéticas sino cuentas satélite sobre las emisiones atmosféricas⁴. El análisis se realiza para 1998 distinguiendo entre las emisiones directas e indirectas de los hogares. Las emisiones directas son generadas por los hogares en el uso de combustible para el transporte, calefacción y otras actividades; mientras que las emisiones indirectas se generan en los sectores económicos que producen los bienes y servicios que son demandados por los hogares.

La utilización de la metodología input-output en este trabajo permite, por un lado, demostrar los diferentes resultados que se obtienen con la utilización del principio contable de la producción o el principio del consumo a la hora de determinar las responsabilidades de las emisiones de GEI. Y por otro lado, determinar la relación existente entre los diferentes patrones de consumo y los niveles de contaminación. De hecho, los resultados obtenidos muestran que aunque existe una relación claramente positiva entre los ingresos de los hogares y las emisiones de GEI asociadas a su consumo, los patrones de consumo de los hogares con mayor nivel de renta tienen algo menos de impacto sobre el efecto invernadero. Sin embargo, estos resultados deben ser interpretados con cierta cautela debido a las particularidades de los datos disponibles⁵. No obstante, esto último no invalida la capacidad analítica de la metodología utilizada y, aunque los datos pueden ser mejorados, los resultados obtenidos muestran la potencia del modelo input-output para analizar las relaciones existentes entre la economía y el medio ambiente.

Tras esta introducción, en la sección 2 se describen el marco teórico y el modelo utilizado para hacer el análisis empírico basado en un modelo input-output. La sección 3 describe los datos y las fuentes de información utilizadas. Los resultados se presentan en la sección 4. Y la sección 5 resume las conclusiones de este trabajo.

2. El modelo teórico

Al igual que Weber y Perrels (2000) y Munksgaard et al. (2000), en este

⁴ La aplicación del marco teórico input-output en temas relacionados con el medio ambiente ha desarrollado dos metodologías diferenciadas aunque relacionadas entre sí: el análisis input-output medioambiental y el análisis input-output energético. El primero, analiza la generación y/o eliminación de la contaminación provocada por la actividad económica; mientras que el segundo, se centra en el estudio de los flujos y requerimientos de energía de la economía. Estos modelos energéticos, permiten también estimar las emisiones de CO₂ asociadas al uso de la energía. Para más detalles de las dos metodologías ver (Miller y Blair, 1985) y volumen II (Kurz et al., 1998).

⁵ Según información de la unidad de encuestas medioambientales del Instituto Nacional de Estadística, los datos de las cuentas ambientales están a la espera de ser actualizados en base al último inventario CORINAIR.

modelo se distingue entre las emisiones directas y las emisiones indirectas de los hogares. En el primer caso se hace referencia a las emisiones producidas por los hogares debido al consumo directo, especialmente de energía, que estos realizan. En cambio, las emisiones indirectas se refieren a las emisiones asociadas a la producción de todos los bienes y servicios que consumen los hogares.

En consecuencia, las emisiones totales de las k sustancias contaminantes que realiza cada uno de los diferentes hogares i vendrán determinadas por la ecuación

$$E_{ki} = E_{ki}^h + E_{ki}^p \quad [1]$$

donde E_{ki} , E_{ki}^h y E_{ki}^p son respectivamente las matrices de las emisiones totales, directas e indirectas de las diferentes sustancias por parte de los diferentes tipos de hogares. En este trabajo se consideran los 6 gases de efecto invernadero (GEI) regulados por el Protocolo de Kyoto y 10 tipos de hogares clasificados según el nivel de ingresos netos equivalentes, de forma que las tres matrices son de dimensión 6×10 .

Así pues, para obtener las emisiones totales de cada tipo de hogar es necesario determinar, por un lado, las emisiones directas y, por otro, las emisiones indirectas de los hogares.

2.1. Emisiones directas

Las emisiones directas de cada uno de los 10 tipos de hogares (E_{ki}^h), se obtienen según la siguiente expresión:

$$E_{ki}^h = \hat{D}_{kk} \cdot P_{ki} \quad [2]$$

donde:

\hat{D}_{kk} es la matriz diagonal 6×6 de las emisiones directas totales de los 6 GEI provocadas por el consumo, principalmente energético, de los hogares.

P_{ki} es la matriz 6×10 de coeficientes que indica la distribución, en tanto por unidad, de las emisiones de cada uno de los 6 GEI considerados para los 10 tipos de hogares.

2.2. Emisiones indirectas

Para calcular las emisiones indirectas derivadas del consumo de los hogares (E_{ki}^p) se utiliza un modelo input-output medioambiental ampliado, desagregado en 46 sectores económicos, en el que se combinan tanto unidades físicas como unidades monetarias:

$$E_{ki}^p = [V_{kj} (I_{jj} - A_{jj})^{-1}] M_{js} H'_{is} \quad [3]$$

donde:

V_{kj} es la matriz 6×46 de coeficientes de emisión directa de cada sector de producción. Cada elemento v_{kj} de esta matriz indica la cantidad de gas

k (medida en unidades físicas) generada por el valor de una unidad monetaria de producción del sector j .

$(I_{jj} - A_{jj})^{-1}$ es la matriz inversa de Leontief 46x46 derivada de la tabla simétrica input-output total. Al tomar la tabla simétrica input-output total y no la interior, se está considerando tanto las emisiones de los productos importados como de los productos interiores. Esto, nos lleva a suponer que los hogares son responsables de las consecuencias globales de las emisiones atmosféricas derivadas de su consumo, independientemente de dónde sea producido. Por otro lado, respecto a los bienes importados, se supone que la tecnología externa es idéntica a la tecnología interior (Munksgaard *et al.*, 2000).

M_{js} es la matriz 46x47 de composición del consumo agregado. Esta matriz de coeficientes nos relaciona los 46 productos según la clasificación nacional de actividades económicas (productos CNAE) con los 47 bienes y servicios clasificados según las funciones de consumo de los hogares (productos COICOP⁶).

H_{is} es la matriz 10x47 del gasto en consumo que realiza cada uno de los 10 hogares diferentes en bienes y servicios clasificados según COICOP.

3. Datos

Todos los datos utilizados en este estudio son compatibles con el modelo presentado en el apartado anterior, tanto por las clasificaciones de bienes y servicios utilizados, como por el nivel de desagregación. La información estadística utilizada para el presente análisis es la siguiente.

- Tablas de origen y destino de la economía española para el año 1998 del Instituto Nacional de Estadística. Estas tablas comprenden 110 productos, 72 ramas de actividad y 7 categorías de demanda final. Dado que dentro del marco input-output de la contabilidad nacional las publicaciones de las tablas simétricas son quinquenales⁷, fue necesario estimar la tabla simétrica input-output de la economía española para 1998 (TSIO 98)⁸ a partir de las tablas de origen y destino total del mismo año. La TSIO 98 utilizada en este trabajo está valorada a precios básicos y originalmente se calculó para un nivel de desagregación de 71 ramas de producción homogéneas. Sin embargo, dado que la cuenta satélite sobre las emisiones atmosféricas de 1998 presenta los

⁶ El acrónimo inglés de *Classification of Individual Consumption by Purpose*.

⁷ Hasta el momento, la última tabla simétrica input-output disponible para la economía española es del año 1995. Según la programación del Instituto Nacional de Estadística la próxima tabla simétrica corresponderá al año 2000.

⁸ Para la elaboración de la TSIO 98 se optó por la hipótesis de la tecnología de la industria o rama de actividad por la que se supone que todos los productos de una rama de actividad se producen utilizando la misma estructura de inputs.

datos a un nivel de desagregación de 46 sectores productivos, en el presente estudio se trabaja con una tabla simétrica agregada 46x46, de la que se obtiene la matriz inversa de Leontief $(I_{jj} - A_{jj})^{-1}$ (46x46).

- Encuesta continua de presupuestos familiares de 1998 del Instituto Nacional de Estadística. La encuesta presenta información sobre la cuantía y la estructura de los gastos anuales de cada hogar, el origen y el nivel de los ingresos percibidos anualmente, así como otras variables de características y condiciones de vida del hogar de referencia anual. Para un mismo hogar aparecen tantos registros como tipos de gasto distintos haya efectuado, entendiendo por tipo de gasto el código correspondiente al nivel de desagregación del COICOP a cinco dígitos. Para este estudio se han utilizado las variables correspondientes al gasto total que en promedio realiza cada tipo de hogar en los diferentes bienes y servicios y al ingreso neto medio total de cada tipo de hogar⁹. La encuesta continua de presupuestos familiares de 1998 comprende la información anual de 9891 hogares¹⁰, que han sido agrupados en 10 percentiles de ingresos equivalentes. Con el objetivo de poder comparar los 10 grupos, ha sido necesario ajustar el ingreso neto en función del tamaño y de la composición de cada hogar. De esta forma, se estima el ingreso equivalente por unidad de consumo que considera las diferentes necesidades entre los miembros del hogar, expresadas en relación a un miembro de referencia, y las economías de escala que se generan ante la incorporación de nuevos miembros del hogar. La escala de equivalencia utilizada en este trabajo es la escala de la OCDE modificada¹¹. A partir de esta información se obtiene la matriz H_{is} (10x47).
- Matriz que relaciona productos y funciones de consumo para el año 1995 del Instituto Nacional de Estadística. Esta matriz relaciona los productos según la clasificación nacional de productos por actividades

⁹ En la encuesta se pregunta por el ingreso mensual neto regular de todos los miembros del hogar. Sin embargo, en el caso que no den el valor puntual se pregunta el intervalo al cual pertenece. En los casos en los que se dispone de información del intervalo pero no del valor puntual se procede a imputar unos ingresos netos regulares, condicionado a que dicho valor esté situado dentro del intervalo que han dado. Este cálculo se ha llevado a cabo según el programa de imputación IVE (*Imputation and Variance Estimator*) del Institute of Social Research de la Universidad de Michigan (INE, 1999).

¹⁰ En este estudio, del total de la muestra, se han eliminaron solamente 6 observaciones correspondientes a aquellos hogares de los que no se tenía ninguna información sobre su nivel de ingresos.

¹¹ En la literatura sobre el análisis del bienestar existen diferentes metodologías para elaborar las escalas de equivalencia (Mancero, 2001). En este trabajo se utiliza la escala OCDE modificada recomendada por EUROSTAT (1992) quien considera que la anterior escala de la OCDE, conocida como "Escala de Oxford", pondera de forma excesiva a los miembros adicionales del hogar y subestima las economías de escala. Según la escala modificada se asigna un valor 1 al primer adulto o sustentador principal del hogar, 0,5 para los restantes miembros del hogar de 14 o más años y 0,3 para los menores de 14 años; por tanto, el factor por el que se divide el ingreso neto del hogar es: $E(n_1, n_2) = 1 + 0,5(n_1 - 1) + 0,3n_2$, siendo n_1 el número de adultos y n_2 el número de menores (Moreno, 2004).

(CNPA 96), con la clasificación nacional de las actividades económicas (CNAE 93) y la clasificación de los bienes y servicios según su función dentro del consumo de los hogares (COICOP). Concretamente, esta matriz nos relaciona 70 productos CNPA con 47 funciones COICOP. Dado que la información disponible corresponde al año 1995, en primer lugar, se ha estimado la matriz M_{js} (70x47) para el año 1998 mediante la aplicación del algoritmo del RAS¹². Posteriormente, dado el nivel de desagregación del NAMEA, se agregó dicha matriz a una matriz M_{js} (46x47).

- Cuentas satélite sobre las emisiones atmosféricas del año 1998 del Instituto Nacional de Estadística. Dentro del marco de la Matriz de Cuentas Nacionales y de las Cuentas Ambientales¹³, la cuenta satélite sobre las emisiones atmosféricas ofrece información sobre las sustancias contaminantes emitidas a la atmósfera, generadas en el sistema económico. Concretamente, se ofrece información de las emisiones de 11 contaminantes diferentes generados por 46 sectores productivos y por los hogares residentes en España: óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles excluyendo el metano (COVNM), metano (CH_4), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), amoníaco (NH_3), hexafluoruro de azufre (SF_6), hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC). De estas 11 sustancias, en este trabajo sólo se han considerado las que están directamente relacionadas con el efecto invernadero y cuyas emisiones están reguladas por el Protocolo de Kyoto de 1997. Estas 6 sustancias son el CH_4 , CO_2 , N_2O , SF_6 , HFC y PFC. A partir de la información relativa a las emisiones de los 46 sectores productivos, junto con el valor de la producción que ofrece la TSIO 98, se ha procedido a estimar la matriz V_{kj} (6x46) de coeficientes de emisión directa de cada sector.
- Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España para los años 1990-2002 del Ministerio de Medio Ambiente y los datos sobre el potencial de calentamiento de la tierra de los gases de efecto invernadero considerados (GWP100)¹⁴ (IPCC, 1997). El GWP100 se define como la capacidad que tiene un determinado gas para mantener

¹² El RAS es un método biproporcional de ajuste de coeficientes de una tabla de contingencia. Para más detalles del método (Schneider y Zenios, 1990).

¹³ En general, se acostumbra a utilizar el acrónimo del inglés NAMEA (*National Accounting Matrix including Environmental Accounting*) para hacer referencia a este modelo en el que los datos estadísticos económicos y medioambientales están organizados y formulados de manera consistente. En el modelo NAMEA la información ambiental puede estar valorada tanto en términos físicos como monetarios, siempre y cuando, se tenga en cuenta todas las definiciones y clasificación establecidas en el sistema de contabilidad nacional.

¹⁴ Corresponde al acrónimo del inglés *Global Warming Potential* correspondiente a un horizonte temporal de 100 años.

el calor en la atmósfera durante el horizonte temporal especificado. Habitualmente, los datos sobre los índices de efecto invernadero se presentan en términos de unidades equivalentes de CO₂. Así pues, cada molécula de CO₂ tiene un potencial de calentamiento de 1, mientras que la emisión de una unidad de masa de los otros gases tienen un GWP100 relativo al gas de referencia. Para el caso concreto de los hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC) no existe un único GWP100 sino un intervalo, dado que en realidad cada uno de estos términos hace referencia a un grupo de diferentes gases. En este trabajo se ha estimado el GWP100 de los HFC y de los PFC mediante la media ponderada, utilizando como referencia el peso que cada tipo de gas tiene sobre el total de emisiones de su grupo.

- La matriz diagonal \hat{D}_{kk} (6x6) se ha obtenido diagonalizando el vector de las emisiones directas de los hogares de la cuenta satélite sobre las emisiones atmosféricas de 1998. Estas emisiones recogen principalmente las emisiones procedentes del consumo de los servicios de transporte por cuenta propia, calefacción y otras actividades (INE, 2004). Por otro lado, ante la falta de datos, los coeficientes de la matriz P_{ki} (6x10) han sido estimados a partir de las proporciones de gasto monetario –puesto que no se dispone de datos de consumos en unidades físicas– en determinados productos que pueden considerarse más asociados a los diferentes contaminantes. Para el CH₄, el CO₂ y el N₂O se ha tomado como aproximación el gasto en gas, combustibles líquidos y carburantes y lubricantes. En cambio, para los HFC, PFC y el SF₆ se ha considerado el gasto en frigoríficos y congeladores, aparatos de calefacción y aire acondicionado y productos de limpieza y mantenimiento, aunque dado el escaso peso que tienen las emisiones directas de estos gases sobre el total de las emisiones de los hogares haber escogido esta u otra aproximación afecta muy poco al resultado final¹⁵.

4. Los resultados empíricos

4.1. Principio contable de la producción versus principio contable del consumo

Inicialmente, en la tabla 1.1 se puede ver el total de emisiones en 1998 de los seis gases de efecto invernadero (GEI), clasificadas según su origen. Por un lado, las emisiones originadas por las ramas de actividad económica residentes y, por otro, las emisiones de los hogares residentes. En este último caso se recogen las emisiones atmosféricas que realizan los hogares por el consumo, entre otros,

¹⁵ Esta estimación se ha realizado siguiendo las indicaciones de la unidad de encuestas medioambientales del INE. Concretamente, en el primer caso los productos se corresponden a los códigos 4521, 4522, 5311 y 7221 del COICOP y, en el segundo, al 5311, 5314 y 5611.

de los servicios de transporte por cuenta propia y de calefacción. Cabe señalar que, según la metodología del NAMEA y el principio contable de la producción, las emisiones directas de los hogares lógicamente no incluyen las emisiones procedentes del gasto en electricidad realizado por los hogares ya que estas emisiones se realizan en el "sector eléctrico" con independencia de que la electricidad sea usada por las empresas o los hogares.

Para poder estudiar el impacto que los diferentes gases tienen en el efecto invernadero es necesario analizar las emisiones de forma homogénea (tabla 1.2), ya que no todos los gases considerados tienen el mismo potencial de calentamiento. Así pues, según los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística, las emisiones de los hogares en unidades equivalentes de CO₂ representan un 15,30% del total de emisiones frente al 84,70% correspondiente a las ramas productivas (figura 1.1).

Tabla 1.1: Emisiones de la economía según el principio contable de la producción

	Emisiones de los sectores productivos		Emisiones directas de los hogares		Emisiones totales de la economía	
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%
CH ₄	2.023.118,00	97,95	42.341,00	2,05	2.065.459,00	100,00
CO ₂	213.649.000,00	80,20	52.745.000,00	19,80	266.394.000,00	100,00
N ₂ O	139.224,00	96,85	4.531,00	3,15	143.755,00	100,00
SF ₆	8,18	100,00	0,00	0,00	8,18	100,00
HFC	698,93	99,36	4,50	0,64	703,44	100,00
PFC	108,64	99,85	0,17	0,15	108,80	100,00

Unidades: Toneladas y porcentajes.

Fuente: Cuenta satélite sobre las emisiones atmosférica de 1998 del Instituto Nacional de Estadística (INE).

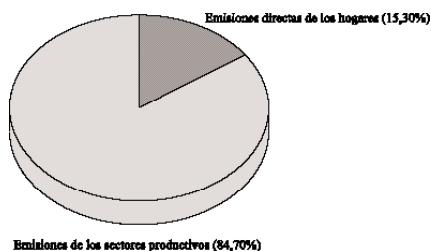
Tabla 1.2: Emisiones de la economía en unidades equivalentes de CO₂ según el principio contable de la producción.

	Emisiones de los sectores productivos		Emisiones directas de los hogares		Emisiones totales de la economía	
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%
CH ₄	42.485.478,00	13,93	889.161,00	1,61	43.374.639,00	12,05
CO ₂	213.649.000,00	70,05	52.745.000,00	95,78	266.394.000,00	73,99
N ₂ O	43.159.440,00	14,15	1.404.610,00	2,55	44.564.050,00	12,38
SF ₆	195.549,80	0,06	0,00	0,00	195.549,80	0,05
HFC	4.761.590,02	1,56	30.670,53	0,06	4.792.260,55	1,33
PFC	730.958,52	0,24	1.123,66	0,00	732.082,18	0,20
Total	304.982.016,33	100,00	55.070.565,19	100,00	360.052.581,53	100,00

Unidades: Toneladas equivalentes de CO₂ y porcentajes.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

Figura 1.1: Porcentaje de unidades equivalentes de CO₂ sobre el total de emisiones, según el principio contable de la producción



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

Antes de entrar en el estudio de las emisiones de los hogares es conveniente, sobre la base del mismo principio contable, analizar como se distribuyen las emisiones de los sectores productivos entre las diferentes ramas de actividad. La tabla 1.3 muestra las toneladas de los diferentes GEI que cada rama de actividad emite como consecuencia de su actividad productiva. En la misma tabla también se muestran los porcentajes de las emisiones del sector agrícola, del sector industrial (incluida la energía y la construcción) y el sector servicios sobre el total de emisiones de los sectores productivos de la economía. La agricultura junto con los servicios son los principales emisores de metano, un 50,15% y un 40,22% respectivamente. Este alto porcentaje del sector servicios se explica porque, según la metodología del NAMEA, las emisiones originadas en los vertederos (principalmente CH₄ y CO₂) deben ser asignadas a la rama de actividad 90 –denominada "Actividades de saneamiento público"– y no a las unidades económicas, hogares o empresas, que las han generado¹⁶. En el caso del óxido nítrico, como excepción, la inmensa mayoría de las emisiones provienen de la agricultura (que emite a la atmósfera el 80,07% del total de las emisiones generadas por todos los sectores productivos). En el resto de los gases –dióxido de carbono, hexafluoruro de azufre, los hidrofluorocarbonos y los perfluorocarbonos– el principal responsable es el sector industrial. De manera resumida, la figura 1.2 muestra cómo

¹⁶ Concretamente, de las 802.742,00 toneladas de metano asignadas a "Otras actividades de servicios", según los datos del INE 801.317,00 corresponden a la rama de actividad O "Otras actividades sociales y de servicios" en la que se agregan las ramas de actividad 90 "Saneamiento público", 91 "Servicios de proporcionados por sindicatos y otros tipos de asociaciones", 92 "Servicios recreativos, culturales y deportivos" y la rama 93 "Otros servicios personales". En este trabajo, ante la falta de una mayor desagregación y disponibilidad de datos, se ha supuesto que la totalidad de estas emisiones de metano asignadas a la rama O, corresponden en su totalidad a la rama de actividad 90 y se han considerado emisiones directas del sector público como resultado de la actividad de los vertederos (ver tablas 2.1 y 2.2). El mismo método podría haberse seguido para las emisiones de CO₂ del sector aunque su importancia cuantitativa es bastante menor y no lo hemos considerado.

del total de unidades equivalentes de CO₂, la agricultura es responsable del 22,57% de las emisiones, la industria del 63,72% y los servicios del 13,71%.

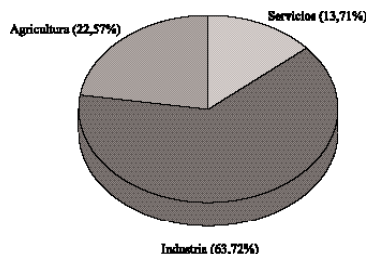
Tabla 1.3: Emisiones de los sectores productivos según el principio contable de la producción

	Agricultura		Industria					Servicios			Emisiones totales sectores productivos	
	Agricultura		Industrias extractivas	Industrias manufactureras	Energía eléctrica, gas y agua	Cons-trucción		Transporte	Otras acti-vidades de servicios		Toneladas	%
	Toneladas	%							Toneladas	%		
CH ₄	1.014.598,00	50,15	74.236,00	26.240,00	94.073,00	371,00	9,63	10.858,00	802.742,00	40,22	2.023.118,00	100,00
CO ₂	12.980,00	6,08	837,00	104.333,00	68.954,00	2.901,00	82,86	14.631,00	9.013,00	11,07	213.649,00	100,00
N ₂ O	111.475,00	80,07	47,00	22.404,00	1.754,00	126,00	17,48	856,00	2.562,00	2,46	139.224,00	100,00
SF ₆	0,00	0,00	0,00	7,65	0,00	0,00	93,50	0,53	0,00	6,50	8,18	100,00
HFC	0,00	0,00	0,00	698,57	0,00	0,00	99,95	0,37	0,00	0,05	698,93	100,00
PFC	0,00	0,00	0,00	108,59	0,00	0,00	99,96	0,05	0,00	0,04	108,64	100,00

Unidades: Toneladas, excepto CO₂ en miles de toneladas, y porcentajes.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

Figura 1.2: Porcentaje de unidades equivalentes de CO₂ sobre el total de emisiones de los sectores productivos, según el principio contable de la producción



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

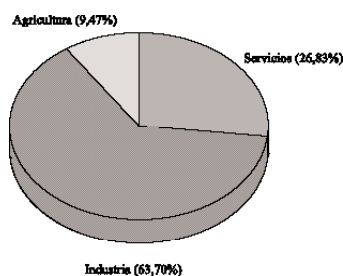
No obstante, estos porcentajes cambian si el análisis se realiza sobre la base del principio contable del consumo o, en este caso concreto, de la demanda final. Justamente, la aplicación de la metodología input-output permite estimar las toneladas de GEI que cada rama de actividad emite para poder hacer frente a la demanda final que se ha generado en esa economía. En este caso, tal y como muestra la tabla 1.4, el total de emisiones de los sectores productivos es evidentemente el mismo, pero no la distribución entre las diferentes ramas de actividad. Asimismo, la figura 1.3 revela que el sector industrial continúa emitiendo, de manera agregada, el 63,71% de las unidades equivalentes de CO₂, mientras que la agricultura pasa del 22,57% al 9,47% y los servicios incrementan sus emisiones del 13,71% al 26,83%.

Tabla 1.4: Emisiones de los sectores productivos según el principio contable de la demanda final.

	Agricultura		Industria					Servicios		Emisiones totales sectores productivos		
	Agricultura		Industrias extractivas	Industrias manufactureras	Energía eléctrica, gas y agua	Construcción	Transporte	Otras actividades de servicios		Toneladas	%	
	Toneladas	%						Toneladas	%			Toneladas
CH ₄	352.170,92	17,41	423.709,61	97.693,02	63.395,51	30.938,14	30,44	12.691,93	1.042.518,87	52,16	2.023.118,00	100,00
CO ₂	9.489,82	4,44	15.762,14	84.769,64	43.320,39	9.647,44	71,85	10.418,28	40.241,30	23,71	213.649,00	100,00
N ₂ O	38.457,78	27,62	46.366,30	19.330,33	4.640,14	3.206,30	52,82	1.123,44	26.099,71	19,55	139.224,00	100,00
SF ₆	0,01	0,09	0,03	6,91	0,27	0,17	90,17	0,33	0,46	9,74	8,18	100,00
HFC	7,83	1,12	49,81	475,61	66,51	30,81	89,10	8,95	59,42	9,78	698,93	100,00
PFC	1,72	1,58	5,54	62,22	25,08	3,09	88,30	1,12	9,87	10,12	108,64	100,00

Unidades: Toneladas, excepto CO₂ en miles de toneladas y porcentajes.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

Figura 1.3: Porcentaje de unidades equivalentes de CO₂ sobre el total de emisiones de los sectores productivos, según el principio contable de la producción

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

4.2. Total de emisiones indirectas y directas del consumo privado

Desde el punto de vista de la demanda final, las emisiones que generan los sectores productivos pueden servir para cubrir las demandas de "consumo privado", "inversión bruta", "consumo público" y "exportaciones". En este trabajo, sin embargo, nos limitaremos a considerar la parte de demanda correspondiente a "consumo privado" que es la que más claramente se asocia con la responsabilidad de los hogares¹⁷.

Tal y como se comentó anteriormente, ante la falta de disponer de unos datos más desagregados, las emisiones de metano de la actividad O "Otras actividades sociales y servicios" se han asignado a la rama 90¹⁸. Posteriormente, desde un

¹⁷ Puede argumentarse que la parte de la producción destinada a sustituir los bienes de inversión –y las emisiones necesarias– que aparece dentro de la inversión bruta, también es indirectamente necesaria para asegurar la producción de los bienes consumidos para consumo privado (Pasinetti, 1985; De Juan y Febrero, 2000); sin embargo, esta opción no es la considerada en este trabajo.

punto de vista conceptual se ha supuesto que estas emisiones, correspondientes principalmente a la actividad de los vertederos, sean consideradas emisiones directas del sector público. De este modo, las tablas 2.1 y 2.2 permiten analizar el impacto indirecto del consumo de los hogares sobre el efecto invernadero. En la tabla 2.1 se observa cuales son las emisiones totales originadas en los sectores productivos para abastecer la demanda para consumo privado; mientras que en la tabla 2.2 se puede comparar el porcentaje que estas emisiones suponen sobre el total de las emisiones de la economía con las otras fuentes de emisión.

Según la tabla 2.1, la mayoría de las emisiones derivadas del gasto en consumo privado de los hogares, sin ninguna excepción, se producen en el sector industrial –un 62,88% del total de las emisiones en unidades equivalentes de CO₂–, mientras que en el sector servicios se producen el 29,20% y en la agricultura el 7,92% restante. Comparando estos porcentajes con los correspondientes de la figura 1.3, se puede ver que cuando sólo se tiene en cuenta el consumo privado, el sector servicios incrementa su peso sobre el total del efecto invernadero, mientras que el sector agrícola y el sector industrial lo reducen ligeramente. Es importante destacar este resultado dado que las emisiones del consumo privado suponen, con el 51,25%, la mitad del total de las emisiones generadas por la demanda final.

Tabla 2.1: Emisiones de los sectores productivos según el principio contable del consumo (con reasignación de las emisiones de metano)

	Agricultura		Industria					Servicios		Emisiones totales sectores productivos		
	Agricultura		Industrias extractivas	Industrias manufactureras	Energía eléctrica, gas y agua	Construcción	Transporte	Otras actividades de servicios		Toneladas	%	
	Toneladas	%						Toneladas	%			Toneladas
CH ₄	129.381,15	16,41	332.209,57	49.630,69	39.298,47	25.481,15	56,66	5.542,13	206.746,37	26,93	788.289,53	100,00
CO ₂	4.555,41	4,39	12.263,92	19.660,37	28.352,32	7.945,79	65,69	3.446,09	27.636,81	29,93	103.860,70	100,00
N ₂ O	14.157,31	17,16	36.349,29	5.178,13	852,00	2.640,76	54,58	482,81	22.819,28	28,25	82.479,58	100,00
SF ₆	0,00	0,19	0,03	1,16	0,01	0,14	72,39	0,29	0,21	27,42	1,85	100,00
HFC	3,37	1,56	38,88	100,97	2,83	25,37	77,82	5,34	39,18	20,62	215,93	100,00
PFC	0,67	2,65	4,29	10,07	1,06	2,55	70,57	0,75	6,06	26,78	25,46	100,00

Unidades: Toneladas, excepto CO₂ en miles de toneladas y porcentajes.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

En la tabla 2.2 se muestra cómo el gasto en consumo privado es responsable de más de la mitad del total de emisiones de óxido nítrico, aproximadamente un tercio de metano, dióxido de carbono e hidrofluorocarbonos y apenas la cuarta parte de las emisiones de hexafluoruro de azufre y perfluorocarbonos. En el caso del metano, en concreto, emite el 38,17% de las emisiones totales de CH₄ de la economía. Este porcenta-

¹⁸ Conceptualmente, siguiendo el principio contable del consumo, sería mejor asignar estas emisiones a quienes han generado los residuos que producen tales emisiones, es decir, a las ramas de actividad o a los hogares; sin embargo, éste no es el criterio utilizado en el marco general del NAMEA. En el caso de Holanda, país pionero en el desarrollo del NAMEA, se adopta el criterio de diferenciar entre "sectores productivos", "hogares" y "otras fuentes" situando a las emisiones de los vertederos en esta última categoría (Vringer y Blok, 1995).

je es muy diferente al 76,96% que se obtendría si no se aplicara el supuesto de reasignación de las emisiones de metano del sector público¹⁹. No obstante y como cabría esperar, la consideración de este supuesto no modifica los resultados de los otros gases.

Tabla 2.2: Emisiones totales de la economía según el principio contable del consumo (con reasignación de las emisiones de metano)

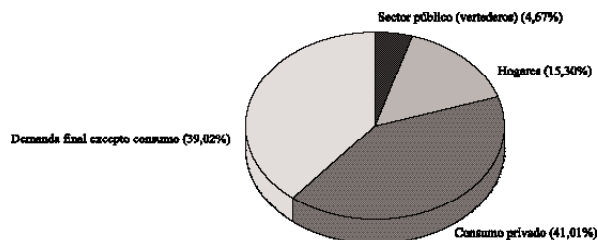
	Emisiones Indirectas				Emisiones Directas				Emisiones totales de la economía	
	Demanda Final excepto Consumo Privado		Consumo Privado		Hogares		Sector Público (vertederos)			
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%
CH ₄	433.511,47	20,99	788.289,53	38,17	42.341,00	2,05	801.317,00	38,80	2.065.459,00	100,00
CO ₂	109.788.295,65	41,21	103.860.704,35	38,99	52.745.000,00	19,80	0,00	0,00	266.394.000,00	100,00
N ₂ O	56.744,42	39,47	82.479,58	57,38	4.531,00	3,15	0,00	0,00	143.755,00	100,00
SF ₆	6,33	77,42	1,85	22,58	0,00	0,00	0,00	0,00	8,18	100,00
HFC	483,00	68,66	215,93	30,70	4,50	0,64	0,00	0,00	703,44	100,00
PFC	83,18	76,45	25,46	23,40	0,17	0,15	0,00	0,00	108,80	100,00

Unidades: Toneladas y porcentajes.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

En unidades equivalentes de CO₂, el consumo privado es responsable del 41,01% del total de las emisiones de la actividad económica, frente al 39,02% del resto de los componentes de la demanda final, el 15,30% de las emisiones directas de los hogares y el 4,57% de las emisiones directas del sector público (figura 2.1). Estas últimas emisiones son las que teóricamente, en base al principio contable del consumo, deberían adjudicarse a los hogares o sectores productivos responsables de los residuos que las generan²⁰.

Figura 2.1: Porcentaje de unidades equivalentes de CO₂ sobre el total de emisiones de los sectores productivos, según el principio contable de la producción



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

¹⁹ Ver nota 16.

²⁰ Las emisiones provocadas por el consumo privado y las emisiones de los hogares de la tabla 2.2 y de la figura 2.1 corresponden, respectivamente, a las emisiones indirectas y directas a las que se hace referencia en la ecuación [1] del modelo.

4.3. Total de emisiones indirectas y directas por hogar según percentiles de ingreso equivalente

Hasta ahora se han estimado el total de emisiones indirectas del consumo y el total de emisiones directas de los hogares. Según la tabla 3.1, el total de las emisiones asignadas a los hogares, es decir, la suma de las emisiones indirectas y directas, representa más de la mitad del total de emisiones de la economía de dióxido de carbono y de óxido nitroso. Este porcentaje disminuye en el caso del metano y de los hidrofluorocarbonos, un 40,22% y un 31,34% respectivamente, y es apenas una cuarta parte de las emisiones totales de hexafluoruro de azufre y de los perfluorocarbonos²¹. Esta misma tabla 3.1 muestra como las emisiones directas de los hogares representan una proporción muy pequeña del total de las emisiones totales asignadas a los hogares. La única excepción destacable es el caso del CO₂, cuyas emisiones directas representan el 33,68% del total de las emisiones de los hogares.

Tabla 3.1: Emisiones indirectas y directas de los hogares

	Emisiones indirectas de los hogares		Emisiones directas de los hogares		Total emisiones de los hogares		Emisiones totales de la economía
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas
CH ₄	788.289,53	94,90	42.341,00	5,10	830.630,53	40,22	2.065.459,00
CO ₂	103.860.704,35	66,32	52.745.000,00	33,68	156.605.704,35	58,79	266.394.000,00
N ₂ O	82.479,58	94,79	4.531,00	5,21	87.010,58	60,53	143.755,00
SF ₆	1,85	100,00	0,00	0,00	1,85	22,58	8,18
HFC	215,93	97,96	4,50	2,04	220,43	31,34	703,44
PFC	25,46	99,35	0,17	0,65	25,62	23,55	108,80

Unidades: Toneladas y porcentajes.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

Si se comparan los porcentajes de la tabla 3.2 con los de la anterior tabla 1.2, se puede advertir como la responsabilidad de los hogares sobre el total de las emisiones de la economía se incrementa sustancialmente. Según la figura 3.1, las emisiones totales de los hogares en unidades equivalentes de CO₂ pasan del 15,30% al 56,31% del total.

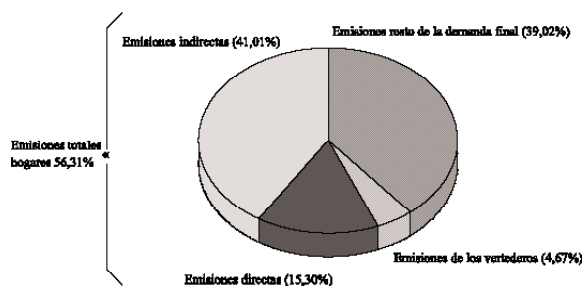
²¹ En el caso de las emisiones de estos dos gases el principal responsable, según el principio contable de "la demanda final", son las exportaciones.

Tabla 3.2: Emisiones indirectas y directas de los hogares en unidades equivalentes de CO₂

	Emisiones indirectas de los hogares		Emisiones directas de los hogares		Total emisiones de los hogares		Emisiones totales de la economía	
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%
CH ₄	16.554.080,03	11,21	889.161,00	1,61	17.443.241,03	8,60	43.374.639,00	12,05
CO ₂	103.860.704,35	70,33	52.745.000,00	95,78	156.605.704,35	77,24	266.394.000,00	73,99
N ₂ O	25.568.669,53	17,31	1.404.610,00	2,55	26.973.279,53	13,30	44.564.050,00	12,38
SF ₆	44.154,95	0,03	0,00	0,00	44.154,95	0,02	195.549,80	0,05
HFC	1.471.073,68	1,00	30.670,53	0,06	1.501.744,21	0,74	4.792.260,55	1,33
PFC	171.286,30	0,12	1.123,66	0,00	172.409,96	0,09	732.082,18	0,20
Total	147.669.968,84	100,00	55.070.565,19	100,00	202.740.534,03	100,00	360.052.581,53	100,00

Unidades: Toneladas equivalentes de CO₂ y porcentajes.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

Figura 3.1: Porcentaje de unidades equivalentes de CO₂ sobre el total de emisiones de la economía

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

Las tablas 3.3 y 3.4 ofrecen la misma información desagregada en 10 percentiles de ingreso equivalente. En la tabla 3.3 se puede distinguir, para cada uno de los seis GEI, las emisiones indirectas y directas de cada percentil, así como el porcentaje que representa el total de emisiones de ese percentil sobre el total de emisiones de los hogares. La tabla 3.4 muestra el total de emisiones en unidades equivalentes de CO₂ del hogar medio de cada percentil. Como cabría esperar, conforme se incrementan los ingresos del hogar aumenta la contaminación asignada. Los hogares del primer percentil son los que menos contaminan, representan tan solo el 7,11% del total de las emisiones de los hogares en unidades equivalentes

de CO₂; mientras que los hogares del último percentil, con un 15,18%, son los que más contaminan. En general, el incremento entre percentiles es bastante similar no presentando ninguna tendencia clara. No obstante, cabe destacar el incremento que se produce en los hogares de ingresos más altos y en los percentiles que representarían a los hogares de rentas medias. Concretamente, al pasar del noveno al último percentil el incremento es, aproximadamente, del 22%; mientras que el aumento del quinto al sexto es, tan solo, del 2%²² (figura 3.2).

Tabla 3.3: Emisiones indirectas y directas de los hogares por percentil de ingreso equivalente

Total emisiones	CH ₄	%	CO ₂	%	N ₂ O	%	SF ₆	%	HFC	%	PFC	%	
Hogar 1	Indirectas Directas	60.562,88 3.417,07	7,70	6.623.753,84 4.256.712,74	6,95	6.351,10 365,67	7,72	0,09 0,00	4,86	13,78 0,38	4,86	1,63 0,01	6,41
Hogar 2	Indirectas Directas	61.158,78 3.438,94	7,78	7.067.864,26 4.283.959,51	7,25	6.400,15 368,01	7,78	0,10 0,00	5,31	14,64 0,37	6,81	1,77 0,01	6,95
Hogar 3	Indirectas Directas	67.936,41 3.813,61	8,64	7.903.822,03 4.750.686,51	8,08	7.136,54 408,10	8,67	0,12 0,00	6,36	16,90 0,42	7,86	2,01 0,02	7,91
Hogar 4	Indirectas Directas	73.426,52 3.829,29	9,30	8.837.028,35 4.770.225,56	8,69	7.701,65 409,78	9,32	0,15 0,00	8,21	18,60 0,41	8,62	2,18 0,02	8,58
Hogar 5	Indirectas Directas	77.529,11 4.185,88	9,84	9.511.555,14 5.214.437,60	9,40	8.151,98 447,94	9,88	0,17 0,00	9,37	20,53 0,47	9,53	2,40 0,02	9,43
Hogar 6	Indirectas Directas	77.318,03 4.314,72	9,83	9.738.094,30 5.374.929,50	9,65	8.099,75 461,73	9,84	0,17 0,00	9,42	20,26 0,45	9,39	2,40 0,02	9,44
Hogar 7	Indirectas Directas	81.155,50 4.238,00	10,28	10.827.304,54 5.279.355,34	10,28	8.502,82 453,52	10,29	0,20 0,00	10,69	23,11 0,51	10,72	2,71 0,02	10,64
Hogar 8	Indirectas Directas	87.734,86 4.691,78	11,13	12.082.977,57 5.844.645,66	11,45	9.180,29 502,08	11,13	0,23 0,00	12,33	25,34 0,49	11,72	2,96 0,02	11,64
Hogar 9	Indirectas Directas	95.288,61 4.888,78	12,06	13.587.500,26 6.090.042,92	12,57	9.954,22 523,16	12,04	0,28 0,00	15,21	27,94 0,51	12,91	3,26 0,02	12,80
Hogar 10	Indirectas Directas	106.178,83 5.522,92	13,45	17.680.804,06 6.880.004,64	15,68	11.001,07 591,02	13,32	0,34 0,00	18,24	34,83 0,49	16,02	4,13 0,02	16,21
Total emisiones de los hogares		830.630,53	100,00	156.605.704,35	100,00	87.010,58	100,00	1,85	100,00	220,43	100,00	25,62	100,00

Unidades: Toneladas y porcentajes.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

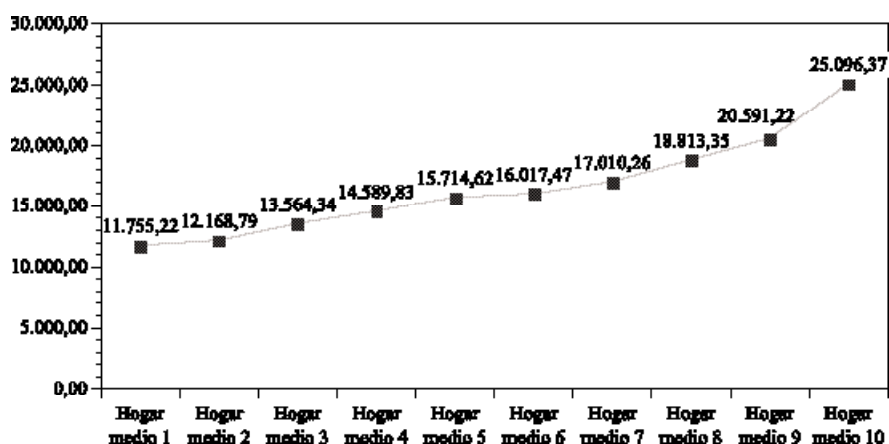
²² Se han efectuado los mismos cálculos para el caso de los percentiles de ingresos sin tener en cuenta ni el tamaño ni la composición del hogar y los resultados obtenidos son más extremos. Por ejemplo, los porcentajes del primero y el último percentil eran, respectivamente, del 4,01% y 18,86%; frente al 7,11% y 15,18% obtenidos considerando el ingreso equivalente.

Tabla 3.4: Emisiones totales del hogar medio de cada percentil de ingreso equivalente en unidades equivalentes de CO₂

Total emisiones hogares medios		CH ₄	CO ₂	N ₂ O	SF ₆	HFC	PFC	Totales
Hogar medio 1	Kilogramo	1.095,60	8.872,30	1.697,89	1,75	78,67	9,01	11.755,22
	%	9,32	75,48	14,44	0,01	0,67	0,08	100,00
Hogar medio 2	Kilogramo	1.106,18	9.256,66	1.710,89	1,91	83,39	9,77	12.168,79
	%	9,09	76,07	14,06	0,02	0,69	0,08	100,00
Hogar medio 3	Kilogramo	1.228,66	10.318,91	1.907,17	2,29	96,20	11,11	13.564,34
	%	9,06	76,07	14,06	0,02	0,71	0,08	100,00
Hogar medio 4	Kilogramo	1.322,94	11.095,81	2.050,44	2,96	105,61	12,07	14.589,83
	%	9,07	76,05	14,05	0,02	0,72	0,08	100,00
Hogar medio 5	Kilogramo	1.399,30	12.008,07	2.173,93	3,38	116,69	13,26	15.714,62
	%	8,90	76,41	13,83	0,02	0,74	0,08	100,00
Hogar medio 6	Kilogramo	1.397,89	12.323,67	2.164,21	3,39	115,04	13,27	16.017,47
	%	8,73	76,94	13,51	0,02	0,72	0,08	100,00
Hogar medio 7	Kilogramo	1.462,29	13.133,91	2.264,02	3,85	131,23	14,96	17.010,26
	%	8,60	77,21	13,31	0,02	0,77	0,09	100,00
Hogar medio 8	Kilogramo	1.582,72	14.618,79	2.447,55	4,44	143,49	16,36	18.813,35
	%	8,41	77,70	13,01	0,02	0,76	0,09	100,00
Hogar medio 9	Kilogramo	1.715,45	16.045,73	2.648,52	5,48	158,04	18,00	20.591,22
	%	8,33	77,93	12,86	0,03	0,77	0,09	100,00
Hogar medio 10	Kilogramo	1.912,79	20.027,71	2.930,30	6,57	196,21	22,79	25.096,37
	%	7,62	79,80	11,68	0,03	0,78	0,09	100,00

Unidades: Kilogramos equivalente de CO₂ y porcentajes.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

Figura 3.2: Emisiones totales de los hogares medios, en unidades equivalentes de CO₂

Unidades: Kilogramos equivalentes de CO₂.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

4.4. Intensidad en emisiones del gasto de tipo de hogar

Los resultados obtenidos hasta ahora confirman que los hogares con más ingresos son los hogares que más contaminan. La tabla y la figura 4.1 revelan unos datos menos previsible. La tabla 4.1 muestra lo que se puede llamar intensidad promedio de emisiones por cada euro gastado por los diferentes hogares²³. Según esta información y la equiparable en unidades equivalentes de CO₂ (figura 4.1), el patrón de consumo de los hogares de los últimos percentiles tiene un menor impacto sobre el efecto invernadero que la de los hogares de menores ingresos. En la figura 4.1 se muestra gráficamente como las intensidades de emisiones disminuyen con el nivel de renta, con la única excepción del paso del quinto al sexto percentil.

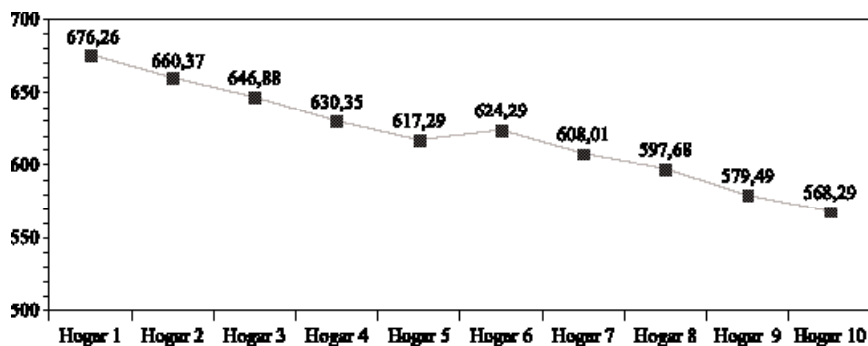
Tabla 4.1: Emisiones totales del hogar medio de cada percentil de ingreso equivalente en unidades equivalentes de CO₂

Total emisiones hogares medios		CH ₄	CO ₂	N ₂ O	SF ₆	HFC	PFC
Hogar medio 1	Emisión total	63.979,96	10.880.466,58	6.716,76	0,09	14,16	1,64
	Intensidad	3,00	510,41	0,32	4,21E-06	6,64E-04	7,70E-05
Hogar medio 2	Emisión total	64.597,72	11.351.823,78	6.768,16	0,10	15,01	1,78
	Intensidad	2,86	502,34	0,30	4,34E-06	6,64E-04	7,88E-05
Hogar medio 3	Emisión total	71.750,02	12.654.508,54	7.544,65	0,12	17,32	2,03
	Intensidad	2,79	492,11	0,29	4,57E-06	6,73E-04	7,88E-05
Hogar medio 4	Emisión total	77.255,81	13.607.253,91	8.111,43	0,15	19,01	2,20
	Intensidad	2,72	479,39	0,29	5,34E-06	6,70E-04	7,75E-05
Hogar medio 5	Emisión total	81.714,99	14.725.992,75	8.599,92	0,17	21,00	2,42
	Intensidad	2,62	471,70	0,28	5,55E-06	6,73E-04	7,74E-05
Hogar medio 6	Emisión total	81.632,75	15.113.023,80	8.561,48	0,17	20,71	2,42
	Intensidad	2,59	480,32	0,27	5,53E-06	6,58E-04	7,69E-05
Hogar medio 7	Emisión total	85.393,50	16.106.659,88	8.956,34	0,20	23,62	2,73
	Intensidad	2,49	469,45	0,26	5,75E-06	6,89E-04	7,95E-05
Hogar medio 8	Emisión total	92.426,65	17.927.623,23	9.682,37	0,23	25,83	2,98
	Intensidad	2,39	464,42	0,25	5,90E-06	6,69E-04	7,72E-05
Hogar medio 9	Emisión total	100.177,39	19.677.543,18	10.477,38	0,28	28,45	3,28
	Intensidad	2,30	451,57	0,24	6,45E-06	6,53E-04	7,53E-05
Hogar medio 10	Emisión total	111.701,75	24.560.808,70	11.592,09	0,34	35,32	4,15
	Intensidad	2,06	453,51	0,21	6,22E-06	6,52E-04	7,67E-05

Unidades: Emisiones totales en toneladas e intensidad de emisiones en gramos.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

²³ La intensidad de emisiones ha sido calculada como el cociente entre el total de emisiones y el total de gasto de cada percentil.

Figura 4.1: Intensidad de emisión de cada percentil, en unidades equivalentes de CO₂

Unidades: Gramos equivalentes de CO₂.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

La tabla 4.2 y la figura 4.3 muestran que para el metano y óxido nítrico, y en casi todos los casos del dióxido de carbono, las intensidades de emisión decrecen conforme nos movemos hacia un percentil mayor. En cambio, el hexafluoruro de azufre presenta una tendencia contraria, incrementando en general sus emisiones a medida que incrementan los ingresos, a excepción del último percentil. Por otra parte, los hidrofluorocarbonos y perfluorocarbonos, tienen un comportamiento prácticamente constante, oscilando levemente alrededor del valor base. De todas formas el peso de estos tres últimos gases en el total es muy pequeño, y tal y como se puede observar en la figura 4.1 y 4.3, en términos de unidades de CO₂ equivalentes la tendencia es clara y muestra como a pesar de que los hogares con mayores ingresos son los que más contaminan (figura 3.2 y 4.2) el patrón de consumo de estos hogares tiene un menor impacto por unidad de gasto sobre el efecto invernadero.

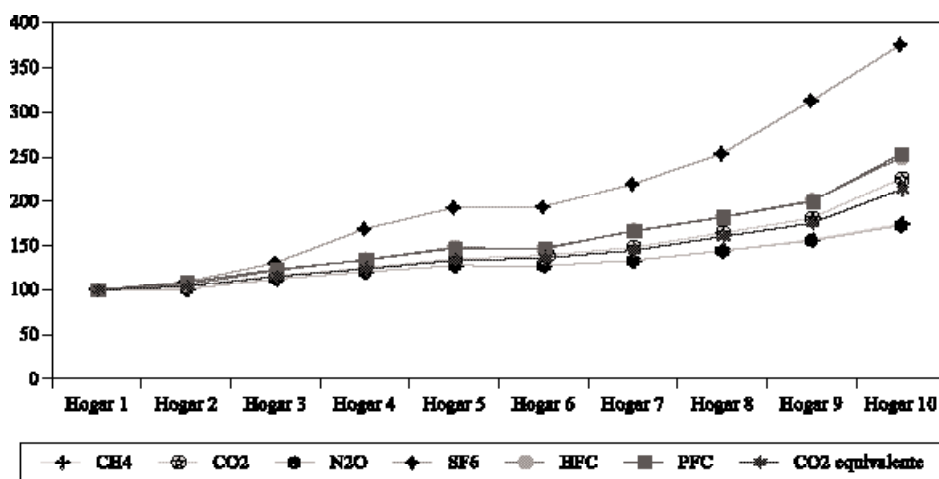
Tabla 4.2: Números índices de las emisiones totales y de las intensidades de emisiones de cada percentil Base 100 = Hogar 1

Total emisiones hogares medios		CH ₄	CO ₂	N ₂ O	SF ₆	HFC	PFC	CO ₂ equivalente
Hogar medio 1	Emisión	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	Intensidad	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Hogar medio 2	Emisión	100,97	104,33	100,77	109,22	106,00	108,44	103,52
	Intensidad	95,24	98,42	95,05	103,03	99,99	102,30	97,65
Hogar medio 3	Emisión	112,14	116,30	112,33	130,82	122,29	123,39	115,39
	Intensidad	92,97	96,41	93,12	108,45	101,37	102,28	95,66
Hogar medio 4	Emisión	120,75	125,06	120,76	168,88	134,25	133,94	124,11
	Intensidad	90,69	93,92	90,70	126,83	100,83	100,59	93,21
Hogar medio 5	Emisión	127,72	135,34	128,04	192,89	148,33	147,20	133,68
	Intensidad	87,21	92,42	87,43	131,71	101,28	100,51	91,28
Hogar medio 6	Emisión	127,59	138,90	127,46	193,72	146,24	147,31	136,26
	Intensidad	86,44	94,11	86,36	131,25	99,08	99,80	92,32
Hogar medio 7	Emisión	133,47	148,03	133,34	219,84	166,81	166,09	144,70
	Intensidad	82,93	91,98	82,85	136,59	103,64	103,20	89,91
Hogar medio 8	Emisión	144,46	164,77	144,15	253,77	182,39	181,62	160,04
	Intensidad	79,78	90,99	79,61	140,14	100,72	100,30	88,38
Hogar medio 9	Emisión	156,58	180,85	155,99	312,94	200,89	199,80	175,17
	Intensidad	76,60	88,47	76,31	153,09	98,28	97,74	85,69
Hogar medio 10	Emisión	174,59	225,73	172,58	375,37	249,41	252,96	213,49
	Intensidad	68,72	88,85	67,93	147,76	98,17	99,57	84,03

Unidades: Números índices, Base 100 = Hogar 1.

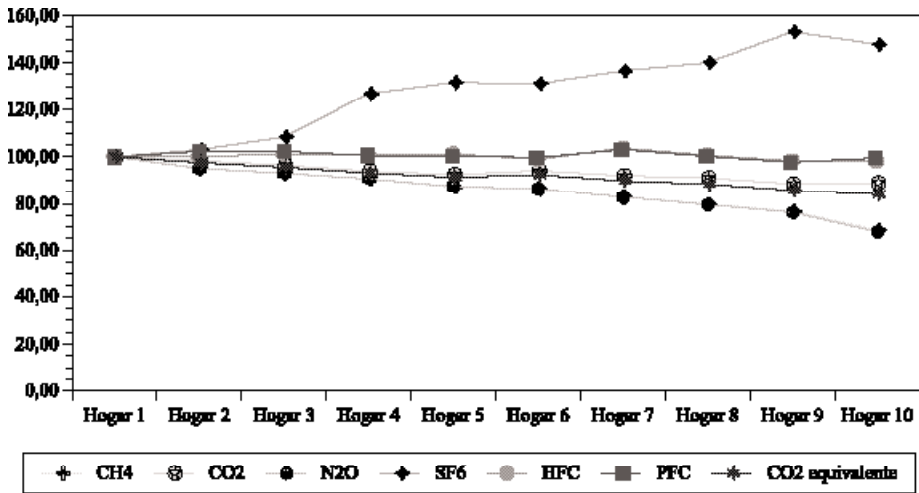
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

Figura 4.2: Evolución de las emisiones de cada gas para cada percentil



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

Figura 4.2: Evolución de la intensidad de emisión de cada gas para cada percentil



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

5. Conclusión

En este artículo, basándose en el principio contable del consumo, se ha desarrollado un modelo input-output medioambiental ampliado para analizar la relación entre los patrones de consumo de los hogares españoles y las emisiones atmosféricas de los gases regulados por el Protocolo de Kyoto. La aplicación de este modelo no sólo ha permitido determinar el grado de responsabilidad de los consumidores, sino también estudiar en qué medida diferentes grupos de consumidores según nivel de ingresos contribuyen más o menos al efecto invernadero. Combinando datos de diversas fuentes estadísticas referentes a 1998 se concluye que, aunque los hogares con mayores ingresos son claramente los que más contaminan en términos de unidades equivalentes de CO₂, sus patrones de consumo –definidos como la intensidad de emisiones por euro gastado– son, en cambio, algo menos propensos a generar gases de efecto invernadero.

Los resultados obtenidos se ven limitados por la información estadística actualmente disponible en el estado español, limitación debida en parte a dos factores. El primero es el hecho de que determinada información no se presenta a un nivel mayor de desagregación –por ejemplo, las emisiones asignadas a los vertederos y las emisiones directas de los hogares–. El segundo factor está relacionado con la falta de una tabla input-output de la energía para España actualizada

que permitiría obtener unos resultados más ajustados para las emisiones de CO₂ asociadas al uso de la energía²⁴.

La metodología desarrollada en este artículo tiene aplicaciones políticas que no han sido consideradas. El artículo se centra en la importancia de utilizar una medida adecuada que permita mostrar la importancia que tiene tomar conciencia de cuál es la responsabilidad de los consumidores y determinar el impacto de los diferentes estilos de vida en el efecto invernadero. Sin embargo, el principio contable del consumo ofrece información adicional a los que regulan las emisiones de gases de efecto invernadero. Así pues, se trata de reducir las emisiones de gases no sólo a través de políticas sectoriales que incentiven cambios en los procesos de producción o en la utilización alternativa de fuentes de energía menos contaminantes, sino también modificando los patrones de consumo de los hogares. Es decir, el hecho de mostrar los hábitos de consumo más contaminantes, puede permitir introducir medios o mecanismos de reducción de emisiones más eficientes, directamente dirigidos a los consumidores, como por ejemplo, campañas de información y de etiquetaje o medidas fiscales adecuadas.

Por otro lado, en futuros trabajos podría ser interesante analizar otras variables explicativas de las diferencias de emisiones entre los hogares –nivel de estudios, ubicación rural o urbana, diferencias regionales, etc. – ya que dentro de un mismo grupo de renta pueden haber grandes disparidades; así como determinar las emisiones ligadas a diversas categorías de producto.

Bibliografía

BIESIOT, W. Y K. J. NOORMAN (1999): "Energy requirements of household consumption: a case study of The Netherlands", *Ecological Economics*, vol. 28, n.º 3, pp. 367-383.

DE JUAN, O. Y E. FEBRERO (2000): "Measuring Productivity from Vertically Integrated Sectors", *Economic Systems Research*, vol. 12, n.º 1, pp. 65-88.

DUCHIN, F. (1998): *Structural Economics. Measuring Change in Technology, Lifestyles, and the Environment*, Island Press, Washington D.C.

INE (1999): *Encuesta Continua de Presupuestos Familiares. Base 97*, Instituto Nacional de Estadística, Madrid.

INE (2003): "Tablas de origen y destino 1998", *Cuentas económicas: Contabilidad nacional de España (base 1995)*. Marco input-output, disponibles en

²⁴ Este tipo de tablas ofrecen información sobre el consumo de energía de las ramas de actividad y de los sectores de la demanda final, especialmente de los hogares, combinando información en unidades físicas, calóricas y monetarias. Para España la última tabla input-output de la energía corresponde al año 1985. Es importante destacar que a partir de las tablas input-output energéticas se puede realizar diversos estudios sobre los requerimientos directos e indirectos de energía en la economía. Sin embargo, para análisis sobre las emisiones contaminantes, estas tablas sólo permiten estimar las emisiones más directamente relacionadas con los diferentes tipos de energía, especialmente el CO₂ generado por la quema de combustibles fósiles.

www.ine.es.

INE (2004): *Estadísticas de Medio Ambiente. Cuentas Ambientales 2002*, Instituto Nacional de Estadística, Madrid.

IPCC (1997): *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Reino Unido.

JACOBSEN, H. K. (2000): "Energy demand, structural change and trade: a decomposition analysis of the Danish manufacturing industry", *Economic Systems Research*, vol. 12, nº. 3, pp. 319-343.

LEZEN, M. (1998): "The energy and greenhouse gas cost of living for Australia during 1993-94", *Energy*, vol. 23, nº. 6, pp. 497-513.

LEZEN, M. (2001): "A generalised input-output multiplier calculus for Australia", *Economic Systems Research*, vol. 13, nº. 1, pp. 65-92.

MANCERO, X. (2001): *Escalas de equivalencia: reseña de conceptos y métodos*, Serie Estudios Estadísticos y Prospectivos, CEPAL, Publicaciones de las Naciones Unidas, Santiago de Chile.

MILLER, R. E. Y P. D. BLAIR (1985): "Energy Input-Output Analysis" y "Environmental Input-Output Analysis", *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, cap. 6 y 7, pp. 200-265.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2003): *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España. Años 1990-2002. Comunicación a la Comisión Europea*, (Decisión 1999/296/CE), Subdirección General de Calidad Ambiental, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

MORENO, M. C. (2004): *Discriminación fiscal de la familia a través del IRPF. Incidencias de la diversidad territorial en la desigualdad del tratamiento*, Documentos Instituto de Estudios Fiscales, Documento nº. 18/04.

MUKHOPADHYAY, K. Y D. CHAKRABORTY (1999): "India's energy consumption changes during 1973/74 to 1991/92", *Economic Systems Research*, vol. 11, nº. 4, pp. 423-438.

MUNKSGAARD, J. Y K. A. PEDERSEN (2001): "CO₂ accounts for open economies: producer or consumer responsibility?", *Energy Policy*, nº. 29, pp. 327-334.

MUNKSGAARD, J.; K. A. PEDERSEN Y M. WIER (2000): "Impact of household consumption on CO₂ emissions", *Energy Economics*, nº. 22, pp. 423-440.

PASINETTI, L. (1981): *Structural Change and Economic Growth: a theoretical essay on the dynamics of the wealth of nations*, Cambridge University Press, Cambridge, (tr. castellana de Manuel Ahijado, Cambio estructural y crecimiento económico, Ediciones Pirámide, Madrid, 1985).

PROOPS, J. L. R.; M. FABER Y G. WAGENHALS (1993): *Reducing CO₂ Emissions: A Comparative Input-Output Study for Germany and the UK*, Springer, Berlin.

KURZ, H. D.; E. DIETZENBACHER Y C. LAGER (eds.) (1998): "Energy and Environment", *Input-Output Analysis*, Edward Elgar, Cheltenham, vol. II, pp.

3-128.

SCHNEIDER, M. H. Y S. A. ZENIOS (1990): "A comparative study of algorithms for matrix balancing", *Operations Research*, vol. 38, nº. 3, pp. 339-455.

UNITED NATIONS (1997): *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, 10 December 1997 (FCCC/CP/L.7/Add.1)

VRINGER, K. Y K. BLOK (1995): "The direct and indirect energy requirements of households in the Netherlands", *Energy Policy*, vol. 23, nº. 10, pp. 893-910.

WEBER, C. Y A. PERRELS (2000): "Modelling lifestyle effects on energy demand and related emissions", *Energy Policy*, nº. 28, pp. 549-566.

WIER, M. (1998): "Sources of changes in emissions from energy: a structural decomposition analysis", *Economic Systems Research*, vol. 10, nº. 2, pp. 99-113.

WIER, M.; M. LEZEN; J. MUNKSGAARD Y S. SMED (2001): "Effects of Household Consumption Patterns on CO₂ Requirements", *Economic Systems Research*, vol. 13, nº. 3, pp. 259-274.

WILTING, H. C.; W. BIESITO Y H. C. MOLL (1999): "Analyzing potentials for reducing the energy requirement of households in The Netherlands", *Economic Systems Research*, vol. 11, nº. 3, pp. 233-243.

LAS GANANCIAS DEL COMERCIO Y EL INTERCAMBIO DESIGUAL EN LOS MODELOS DEL COMERCIO INTERNACIONAL

Francisco Martínez Soler* y Andrei Martínez Finkelshtein**

Fecha de recepción: 8 de febrero de 2005

Fecha de aceptación y versión final: 19 de abril de 2005

Resumen: Se examina el problema del intercambio desigual de trabajo entre países desarrollados y en desarrollo y su vinculación con las condiciones del comercio de beneficio mutuo. Para ello se utilizan los principales modelos teóricos del comercio internacional basado en las ventajas comparativas, y se amplía al caso de dos factores el concepto de relación de intercambio de trabajo derivada del comercio. Como resultado se concluye que el intercambio desigual es inherente al comercio entre países de diferente nivel de desarrollo cuando éste se basa en el beneficio mutuo, y que juega un papel en la apertura de la brecha en la renta per cápita entre dichos países.

Palabras clave: Países en desarrollo, comercio mutuamente ventajoso, modelos clásicos y neoclásicos del comercio.

Abstract: The problem of the unequal exchange of labour between developed and developing countries is examined, along with its link with the conditions of trade of mutual benefit. For this purpose the main theoretical models of international trade based on comparative

* Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Almería

** Departamento de Estadística y Matemática Aplicada. Universidad de Almería

advantages are used, along with an extension to the case of two factors of the concept of exchange rate of labour derived from trade. As a result it is concluded that the unequal exchange is inherent to the trade between countries with different levels of development as long as it is based on mutual benefit, and that it plays a role in widening of the opening in the per capita rent of these countries.

1. Introducción

El presente trabajo está dedicado a uno de los problemas centrales del vínculo entre comercio y desarrollo como lo es, de una parte, la obtención de ganancias derivadas del comercio, y de otra, el intercambio desigual del trabajo entre países desarrollados y en desarrollo y su manifestación a través del deterioro de las relaciones de intercambio para éstos últimos.

Diversas observaciones empíricas parecen mostrar que los términos de intercambio de los bienes primarios en comparación con las manufacturas tienden a deteriorarse con el paso del tiempo. Este hecho, conocido como la hipótesis Prebisch-Singer (ver Prebisch (1950) y Singer (1950)), se ha tratado de fundamentar teóricamente, señalando que, debido a la disparidad de los mercados de trabajo nacionales, los aumentos de productividad en los países desarrollados tienden a trasladarse a los costes factoriales, mientras que en los países en desarrollo se traducen en reducción de los precios, resultando en una asimetría en la distribución de los beneficios del comercio (Prebisch (1963)). Otra razón adicional sería la diferencia entre las elasticidades-rentas de la demanda de los bienes primarios y de la demanda de manufacturas (Prebisch (1959)). Al mismo tiempo, existen factores capaces de generar una tendencia contraria en los términos de intercambio, tales como el avance más lento de la productividad en la producción de bienes primarios o la más fuerte tendencia tecnológica a la reducción de costes en las manufacturas, lo que ha propiciado una intensa polémica y gran cantidad de trabajos empíricos sobre el tema (Muñoz Cid (1993)). En cualquier caso, la existencia de dos grupos de factores divergentes recomendaría considerar el deterioro de las relaciones de intercambio como una tendencia secular que puede manifestarse en sentido inverso en determinados períodos de tiempo, como lo muestran los trabajos empíricos realizados por Grilli y Yang (1988) bajo los auspicios del Banco Mundial.

Entre el deterioro de los términos de intercambio y el intercambio desigual

existe una estrecha relación, aunque no una identidad. Así, aunque el intercambio desigual se manifiesta generalmente como deterioro de las relaciones de intercambio, aquel puede tener lugar también con mejoramiento de este último. Además, el deterioro de los términos de intercambio es un hecho empírico, mientras el intercambio desigual es una tesis teórica, aunque de carácter no menos polémico que la primera (ver Barrientos (1991)).

En su acepción más general, por intercambio desigual se entiende el intercambio de cantidades diferentes del trabajo materializado en las mercancías en el comercio entre países desarrollados y en desarrollo, incluso cuando el comercio se realiza en condiciones "normales", es decir, equilibrado y sin ejercicio de poder de mercado, y que se manifiesta como transferencia de renta, vía precios de intercambio, desde el país menos desarrollado al de mayor desarrollo relativo. Los orígenes de esta tesis se remontan a la economía política clásica y su crítica desde las posiciones del marxismo (ver Harris, (1991)), pero su desarrollo más reciente tiene su arranque en los trabajos de Emmanuel (1972) y Amin (1974), y posteriormente en Negishi (1999) y Heintz (2003). La explicación más temprana del intercambio desigual del trabajo hacía centro en las diferencias de productividad de los países y en que el principio de las ventajas comparativas de Ricardo posibilitaba al país de mayor productividad relativa intercambiar menor cantidad de trabajo por mayor del otro país. La fortaleza de esta tesis consistía en que el intercambio desigual tenía lugar en los propios marcos del comercio de beneficio mutuo, pero se debilitaba al tratar de incorporar un segundo factor de producción. Las explicaciones más recientes fundamentan el intercambio desigual en la movilidad internacional del capital y en la tendencia derivada a la equiparación de la tasa de ganancia, por medio de la cual se realizaría la transferencia de plusvalía desde el país de menor relación capital-trabajo al de mayor intensidad del capital. Sin embargo, en esta tesis, como regla, se desvincula el intercambio desigual del comercio de beneficio mutuo.

El presente trabajo intenta retomar la idea de examinar el intercambio desigual de trabajo como fenómeno inherente al comercio de beneficio mutuo entre países de diferente nivel de desarrollo. Para ello se realiza el estudio sistemático del vínculo entre dicho intercambio y las ganancias derivadas del comercio en los marcos de los principales modelos teóricos del comercio internacional basado en las ventajas comparativas, que son los modelos que mejor reflejan las particularidades del comercio entre países desarrollados y en desarrollo. La clave de este enfoque es una definición de la relación de intercambio de trabajo en el caso de dos factores de producción que contempla no sólo el gasto de trabajo directo, sino también el gasto equivalente de trabajo que está implícito en el uso del capital. Como resultado se establece que las diferencias en productividad entre países desarrollados y en desarrollo serían la causa última del intercambio desigual, el cual se manifiesta como diferencias de renta debido a que las relaciones de intercambio internacional basadas en las ventajas comparativas estarían sesgadas a favor de los países de mayor productividad, constituyendo un factor determinante de la brecha en la renta per cápita entre dichos países.

El tema se desarrolla en los cinco epígrafes siguientes, cada uno de los cuales comprende la descripción breve del modelo y el análisis del intercambio desigual en su marco; las particularidades de cada modelo examinado permiten destacar diversos rasgos característicos del intercambio desigual. El primero de estos epígrafes está dedicado al estudio detallado del problema en el modelo clásico, cuyos resultados se generalizan en el epígrafe siguiente para un modelo ampliado a múltiples bienes y con funciones de demanda. El siguiente paso en el análisis, con incorporación de gastos de trabajo crecientes, se realiza en los marcos del modelo de factores específicos, que está a medio camino entre los modelos de uno y dos factores. Luego de ampliar el concepto de intercambio de trabajo al caso de dos factores, los resultados anteriores son generalizados y precisados en los dos epígrafes siguientes, con la ayuda de un modelo simple de considerable transparencia, primero, y en los términos más generales del modelo estándar del comercio, después. El epígrafe final recoge las conclusiones del trabajo.

2. Las ganancias del comercio y el intercambio desigual en el modelo clásico

2.1. Los supuestos y relaciones del modelo

El modelo clásico del comercio (ver Bhagwati; 1964, 1981) se formula para dos países, el "nuestro" (N) y el "extranjero" (E), y dos tipos de bienes o sectores, B_1 y B_2 , que pueden ser producidos en ambos países, y se construye sobre la base de los siguientes supuestos:

- un único factor de producción relevante: el trabajo, todas las unidades del cual son cualitativamente iguales;
- pleno empleo y movilidad del factor dentro de cada país, pero total inmovilidad entre países;
- un único tipo de tecnología en cada sector y país, de rendimientos constantes, dado por el gasto de trabajo unitario (A_i) en cada sector B_i , $i=1,2$; los parámetros de E se denotan de igual forma, pero con el símbolo *;
- al ser el trabajo el único factor de producción, el intercambio de mercancías en cada país presupone el intercambio de cantidades de trabajo iguales (*intercambio de equivalentes*): $Y_1 A_1 = Y_2 A_2 \Rightarrow P = Y_2 / Y_1 = A_1 / A_2$, donde Y_i son las cantidades de B_i intercambiadas; la proporción (P) en que se intercambian las mercancías refleja el *gasto relativo de trabajo* o *coste de oportunidad de B_1* en términos de B_2 .
- el intercambio internacional de mercancías está basado en los principios de las ventajas comparativas y del beneficio mutuo, según el cual el patrón de comercio N(1)-E(2)¹ es de *beneficio mutuo* si y sólo si

¹ Es decir, donde el país N se especializa en el bien B_1 y E, en el bien B_2 .

ambos países tienen *ventajas comparativas* (menores gastos relativos) en sus respectivos sectores de exportación ($P < P^*$) y el comercio se realiza de acuerdo a una *relación real de intercambio* Q tal que:

$$P = \frac{A_1}{A_2} < Q = \frac{X_2^*}{X_1} < \frac{A_1^*}{A_2^*} = P^*, \quad [1]$$

donde X_i son las exportaciones de B_i de N, y X_i^* son las exportaciones de B_i de E. En tal caso, la *ganancia* del comercio de N por cada bien exportado será igual a la diferencia $Q - P > 0$ entre la cantidad de B_2 que podría obtener por intercambio internacional y la que podría producir con el trabajo liberado del sector B_1 . De modo similar, la ganancia de E sería $1/Q - 1/P^* > 0$ unidades adicionales de B_1 .

2.2. El intercambio desigual del trabajo

Se define la *relación de intercambio de trabajo (o factorial)* inducida por el intercambio de bienes como la ratio de los gastos de trabajo materializados en los volúmenes de mercancías intercambiados:

$$Q_F = \frac{A_2^* X_2^*}{A_1 X_1} = Q \frac{A_2^*}{A_1} = Q \frac{1/A_1}{1/A_2^*}. \quad [2]$$

Si Q_F es superior (inferior) a la unidad se dice que hay *intercambio desigual de trabajo* a favor de N (de E).

Para que no exista intercambio desigual de trabajo ($Q_F=1$) debería cumplirse $Q=A_1/A_2^*$, lo que significa que en el mercado internacional tendría lugar un intercambio de equivalentes. Sin embargo, la inmovilidad internacional del trabajo invalida el mecanismo de ajuste de tal intercambio, por lo que no tendría lugar, en general, el intercambio de equivalentes, excepto en el caso en que éste sea compatible con las condiciones [1] del comercio de beneficio mutuo; es decir, si se cumple la condición:

$$\frac{A_2^*}{A_2} < Q_F < \frac{A_1^*}{A_1} \quad [3]$$

Luego, $Q_F = 1$ cuando y sólo cuando ambos países tengan ventajas absolutas de productividad compartidas en sus respectivos sectores de exportación: $A_1 < A_1^*$ y $A_2 < A_2^*$.

Si un país (por ejemplo: N) tiene *ventajas absolutas de productividad en ambos sectores*, el intercambio de equivalentes daría pérdidas a dicho país en comparación con la situación de autarquía, ya que $Q = \frac{A_1}{A_2} < \frac{A_1^*}{A_2^*} = P$ (aunque

sería beneficioso para E); a la inversa, en estas condiciones cualquier relación real de intercambio de beneficio mutuo implicaría intercambio desigual de trabajo a favor de N, ya que $Q > \frac{A_1}{A_2} > \frac{A_1}{A_2^*} \Rightarrow Q \frac{A_2^*}{A_1} > 1$. Luego el intercambio desigual de trabajo es inherente al comercio de beneficio mutuo cuando y sólo cuando un país tiene superioridad absoluta en productividad; en este caso el país de mayor productividad, en evitación de pérdidas del comercio, aceptaría comerciar sólo con una relación de intercambio más alta, con la cual recibiría mayor cantidad de trabajo materializado que el que entrega y reduciría la ganancia potencial del comercio del otro país. En otros términos, *el trabajo de mayor productividad se reconoce por el mercado como mayor cantidad de trabajo, introduciendo un sesgo en la relación de intercambio a favor del país de mayor productividad*².

2.3. Intercambio desigual, ganancias del comercio y relación de intercambio

La fórmula [2] establece el vínculo esencial entre la relación de intercambio factorial (Q_F), la relación de intercambio mercantil (Q) y las ganancias derivadas del comercio ($Q - P$, en el caso de N), pero hay circunstancias particulares que deben ser tomadas en cuenta pues evidencian que estos conceptos, a pesar de su estrecha vinculación, tienen bases conceptuales diferentes.

Así, aunque la obtención de ganancias del comercio por parte del país con mayor productividad en ambos sectores (por ejemplo, N) implica intercambio desigual de trabajo a su favor, $Q_F = Q(A_2^*/A_1) > P(A_2^*/A_1) = A_2^*/A_2 > 1$, éste puede tener lugar incluso con pérdidas reales del comercio ($Q < P$), siempre que la relación de intercambio mercantil no supere la ratio A_1/A_2^* , que en cualquier caso será inferior al coste de oportunidad en dicho país.

De otra parte, expresando la relación [2] en términos de las tasas de variación de las variables implicadas: $dQ_F/Q_F = dQ/Q - (dA_1/A_1 - dA_2^*/A_2^*)$, se tiene que, aunque en igualdad de restantes condiciones haya una identidad entre las variaciones de la relación de intercambio mercantil y la factorial, el intercambio desigual a favor de N puede aumentar incluso con deterioro de los términos de intercambio si éste es compensado por un aumento relativo mayor de la productividad del trabajo en su sector de exportación.

2.4. El intercambio desigual en términos monetarios

El supuesto fundamental del modelo monetizado consiste en que el comercio internacional esté equilibrado en términos monetarios, de modo que, si la relación real de intercambio internacional es $Q = X_2^*/X_1$, ambas cantidades inter-

² La identificación del nivel comparativo de productividad de un país con su grado relativo de desarrollo económico permite interpretar los resultados anteriores en el sentido de la presencia obligada de intercambio desigual de trabajo en el comercio entre países de desigual nivel de desarrollo cuando éste se realiza por el principio de beneficio mutuo; desigualdad que no tendría lugar necesariamente en el intercambio entre países de nivel de desarrollo similar.

cambiadas deberán tener el mismo valor, valoradas a los precios internacionales, o sea,

$$X_1 Q_1 = X_2^* Q_2 \Rightarrow Q = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{P_1 t_1}{P_2^* t_2} = \frac{P_1}{P_2^*} T \quad [4]$$

donde:

■ $P_i = A_i S$ y $P_i^* = A_i^* S^*$, $i = 1, 2$, son los precios internos antes del comercio para N y E, respectivamente, y S, S^* las correspondientes tasas salariales, que se suponen valoradas en una misma moneda;

■ $Q_1 = P_1 t_1$ y $Q_2 = P_2^* t_2$ son los precios internacionales de los bienes B_1 y B_2 , respectivamente, que se suponen vinculados a los precios internos de los bienes intercambiados mediante coeficientes de corrección $t_i > 0$, $i = 1, 2$, que realiza el mercado, pudiendo implicar ajustes tanto a los salarios nacionales como a los tipos de cambio; y $T = t_1 / t_2 > 0$ es un coeficiente general de ajuste relativo de los precios internos.

La expresión de Q en el miembro derecho de [4] se conoce como la relación de intercambio internacional en *términos monetarios*³.

La condición del comercio de beneficio mutuo en términos monetarios será ahora:

$$P = \frac{P_1}{P_2} < Q = \frac{P_1 T}{P_2^*} < P^* = \frac{P_1^*}{P_2^*}, \quad [5]$$

de donde, atendiendo a la fórmula de los precios internos, se obtiene la siguiente condición equivalente en término de los salarios ajustados después del comercio y las productividades relativas:

$$\frac{1/A_2}{1/A_2^*} < \frac{ST}{S^*} < \frac{1/A_1}{1/A_1^*}. \quad [6]$$

De otra parte, de las definiciones [2] y [4] se obtiene que la relación de intercambio de trabajo será igual a la ratio de las tasas salariales de N respecto a E corregidas (directamente o mediante el tipo de cambio) a tenor del ajuste de los precios en el mercado internacional:

$$Q_F = \frac{S t_1}{S^* t_2} = \frac{ST}{S^*}. \quad [7]$$

³ Se puede suponer, sin perder generalidad, que el mercado internacional modifica solamente los precios relativos y no el nivel general de precios, o sea, que el valor del intercambio mercantil a los precios internacionales es igual al valor del intercambio a los precios internos: $P_1 + P_2^* Q = P_1 t_1 + P_2^* t_2 Q$. Esta convención evidencia de forma directa la transferencia de renta entre países por medio de los precios internacionales, ya que bajo este supuesto $T = (t_1 - 1) / (1 - t_2)$, y se cumplirá una y sólo una de las condiciones, $t_2 < 1 < t_1 \Rightarrow T > 1$, ó $t_1 < 1 < t_2 \Rightarrow T < 1$, lo que significa transferencia de renta a favor de N o de E, respectivamente.

Luego, el intercambio desigual del trabajo se manifiesta como mayor remuneración de dicho factor después del comercio en el país con mayor productividad. El valor ST / S^* que aparece en el miembro derecho de [7] lo llamamos *tasa salarial relativa de equilibrio (después del comercio)*.

2.5. Intercambio desigual, ajuste de precios y transferencia de renta

Las fórmulas [4] y [7] vinculan las relaciones de intercambio mercantil y factorial, respectivamente, con el ajuste de los precios internos y la transferencia de renta en el comercio. A su vez, de [5] se puede deducir el rango de variación posible del coeficiente de ajuste relativo de los precios internos sin afectar la condición de beneficio mutuo del comercio: $P_2^*/P_2 < T < P_1^*/P_1$. Para que esta condición permita hacer afirmaciones concretas sobre la dirección del ajuste de los precios y de la transferencia de renta es necesario hacer el siguiente *supuesto adicional sobre la formación de los precios internos* en el modelo clásico, que en esencia se reduce a excluir cualquier otro factor formador de precios diferente a los ya introducidos en el modelo; a saber, que los precios internos reflejan adecuadamente las ventajas comparativas, o sea: $A_i < A_i^* \Leftrightarrow P_i < P_i^* (i=1,2)$. En estas condiciones se puede afirmar que:

- a) si ambos países tienen ventajas de productividad compartidas y la relación real de intercambio es de equivalentes (no hay intercambio desigual) se cumplirá $T = S^*/S$, por lo que tendrá lugar transferencia de renta a favor del país con menor tasa salarial a los efectos de igualar dichas tasas⁴;
- b) si N tiene ventajas absolutas de productividad se cumplirá $S/S^* < (1/A_1)/(1/A_1^*)$, $i=1,2$, antes del comercio, por lo que $T > 1$ para cualquier relación real de intercambio mercantil de beneficio mutuo (condición [6]), lo que significa que el intercambio desigual se manifestaría, simultáneamente, como mejoramiento de la relación de intercambio mercantil en términos monetarios mediante el ajuste de los precios en el mercado internacional, y como transferencia de renta a favor del país de mayor productividad mediante el aumento, de forma directa o vía tipo de cambio, del salario relativo en dicho país.

Señalemos que el supuesto anterior sobre el vínculo entre precios y ventajas comparativas podría no cumplirse en el caso de que existan factores estructurales en los mercados de trabajo nacionales que influyan en dirección contraria sobre la formación de los precios internos. Este sería el caso si, como se argumenta en la hipótesis de Prebisch-Singer, en los países desarrollados los aumentos de productividad se trasladasen a los precios, mientras en los países en desarrollo lo hagan a los costes factoriales. Estas particularidades se reflejarían en que

⁴ Esta conclusión aporta una explicación adicional a la tendencia observada a la equiparación de la remuneración del trabajo en los países desarrollados.

el diferencial de salarios superaría el diferencial de productividades, invirtiéndose la relación anteriormente supuesta entre los precios internos y las ventajas comparativas: $A_i < A_i^* \Rightarrow \frac{S}{S^*} > \frac{1/A_i}{1/A_i^*} > \Rightarrow P_i > P_i^*$. Si los precios internos se trasladan sin ningún ajuste adicional al mercado internacional, tales factores estructurales ciertamente tenderían a deteriorar por sí mismos, sin intervención del mercado internacional, la relación de intercambio, mercantil y factorial, para los países de menor productividad. Sin embargo, bajo tal supuesto, el incumplimiento de la condición [6] implicaría pérdidas del comercio para el país menos desarrollado, por lo que en determinado momento se debería producir un reajuste de precios y salarios de acuerdo con el criterio de las ventajas comparativas y el beneficio mutuo, conducente al mejoramiento transitorio de la relación de intercambio para el país de menor productividad. Tal comportamiento en el modelo teórico sería compatible con la inestabilidad observada en la tendencia de las series temporales de los términos de intercambio.

3. El intercambio desigual en el modelo de Dornbush, Fisher y Samuelson con múltiples bienes

3.1. Formulación del modelo

Una particularidad formal de la generalización del modelo clásico elaborado por Dornbush, Fisher y Samuelson (1977) consiste en suponer un conjunto infinito de tipos de bienes cuyo índice Z toma valores del continuo de los números reales positivos, R_+ . A cada valor de Z le corresponde un valor de los gastos unitarios de trabajo en la producción del bien Z en N , dada por $A(Z)$, y en E , denotada por $A^*(Z)$. En consecuencia, se define la función $V(Z)$ de las *productividades relativas*, $V(Z) = \frac{1/A(Z)}{1/A^*(Z)}$, y se supone que $V(Z)$ está ordenado de tal forma que es decreciente.

Otra característica del modelo es que se asume la existencia de una *función de la demanda relativa mundial* de dichos bienes, $G(Z)$, definida como la ratio del gasto mundial en todos los bienes $\leq Z$ y la renta mundial Y , calculadas en la misma moneda. G es una función continua, creciente, y que toma valores entre 0 y 1. De modo similar se podría definir el gasto global $G^*(Z)$ en bienes $> Z$, como proporción de la renta mundial; pero atendiendo a que la suma de los dos componentes del gasto total es igual a la renta mundial, se tiene que $G^*(Z) = 1 - G(Z)$. Finalmente, definimos la función, también creciente, del gasto relativo en los bienes $\leq Z$: $H(Z) = \frac{G(Z)}{G^*(Z)} = \frac{G(Z)}{1 - G(Z)}$.

Dada la tasa salarial relativa después del comercio, ST/S^* , donde el coeficiente de ajuste relativo T en este modelo refleja fundamentalmente el tipo de cambio que equilibra el comercio, denotemos por Z_0 el único valor de R_+ que satisface $V(Z_0) = ST/S^*$. Por la monotonía de $V(Z)$ y por [6], el patrón de comercio $N(Z)$ - $E(Z^*)$ será de beneficio mutuo siempre que $Z \leq Z_0$ y $Z^* > Z_0$, ya que en

estas condiciones se tendrá que el coste salarial unitario de Z será menor en N que en E . El problema se encuentra en que la tasa salarial relativa de equilibrio es endógena y dependerá también de las condiciones de demanda.

Con estos supuestos, el valor de $G(Z_0)$ representa el gasto global en bienes producidos en N como proporción de la renta mundial, y es natural suponer que sea igual a la renta percibida en este país. Como quiera que el trabajo es el único factor de producción, y se supone que hay pleno empleo de los recursos, la renta percibida en el país será igual a la tasa salarial (St) multiplicada por la disponibilidad total (dotación) de trabajo (L) en N . De este modo se tiene la siguiente *ecuación de equilibrio de la oferta y la demanda globales en N* : $G(Z_0)Y = StL$. De modo similar podemos escribir la *ecuación de equilibrio de la oferta y la demanda globales en E* , a saber, $G^*(Z_0)Y = S^*t^*L^*$, donde L^* es la disponibilidad total de trabajo en E . De estas dos expresiones y utilizando la definición de $H(Z)$ llegamos a la ecuación

$$\frac{H(Z_0)}{L/L^*} = \frac{ST}{S^*} = V^*(Z_0) . \quad [8]$$

El miembro izquierdo de [8] es la función de demanda relativa global (por unidad de trabajo) del modelo, mientras que el miembro derecho cumple el papel de *función de oferta relativa global*. Por ello, [8] es la *condición de equilibrio de oferta y demanda globales* del modelo continuo. La tasa salarial relativa de equilibrio ST/S^* , al igual que el punto de equilibrio Z_0 , vendrán determinados por la intersección de las curvas de oferta y demanda globales, y dependerán, en particular, de los siguientes factores de oferta y demanda: la función decreciente de la productividad relativa $V(Z)$ y la función creciente del gasto relativo $H(Z)$.

3.2. Intercambio desigual con múltiples tipos de bienes y funciones de oferta y demanda

Para estudiar el intercambio desigual en el modelo ante todo es necesario precisar cómo se mide éste en el caso de múltiples bienes. Generalizando la definición dada en el caso de dos bienes, supongamos que el gasto de trabajo de N (de E) en bienes de exportación es una proporción x (x^*) de la disponibilidad total de trabajo, o sea, xL (x^*L^*). Como quiera que el intercambio tiene lugar por medio del dinero y el comercio está equilibrado, el hecho de que el mercado tome esas cantidades de bienes como intercambiables se manifiesta en que el valor total de dichos bienes de exportación de uno y otro país son iguales, o sea, que generan en ambos países la misma cantidad de ingresos monetarios en términos comparables: $StxL = S^*t^*x^*L^*$. De aquí se obtiene la expresión para la relación de intercambio factorial:

$$Q_F = \frac{x^*L^*}{xL} = \frac{ST}{S^*} \quad [9]$$

(compare con [7]). O sea, también en el caso de múltiples bienes la tasa salarial relativa de equilibrio constituye una medida adecuada de la ratio en que se inter-

cambian los trabajos de ambos países. Al igual que en el caso de dos bienes, si Q_F es mayor (menor) que la unidad el intercambio de trabajo se realiza a favor de N (de E), independientemente de que ambos países se beneficien del comercio.

A los fines de precisar los efectos de las determinantes del intercambio desigual en este modelo supongamos que nos encontramos en un punto de equilibrio dado por el tipo de bien Z_0 y la tasa salarial relativa de equilibrio $ST/S^* = Q_F$ y que ciertas perturbaciones de los factores del modelo aumentan el valor de ST/S^* , de modo que se produce una modificación de la relación de intercambio de trabajo a favor de N. Veamos estas perturbaciones y el mecanismo de ajuste de la relación de intercambio factorial.

1º) Aumento de las productividades relativas de N, de modo que la nueva función de productividades relativas, $\tilde{V}(Z)$, satisface $\tilde{V}(Z) > V(Z)$ para todas las $Z \in R_+$. Al ser funciones decrecientes, el nuevo punto de equilibrio transitorio \tilde{Z}_0 , tal que $\tilde{V}(\tilde{Z}_0) = ST/S^*$, satisface $Z_0 < \tilde{Z}_0$. Puesto que la función del gasto relativo $H(Z)$ es creciente, se cumplirá $\frac{H(\tilde{Z}_0)}{L/L^*} > \frac{ST}{S^*} = \tilde{V}(\tilde{Z}_0)$. Estos desequilibrios entre oferta y demanda en ambos países tienden a corregirse por medio del crecimiento de la tasa salarial relativa de N respecto a E, lo que, a su vez, induce una contracción del contingente de bienes producidos por N y una ampliación del contingente de E, que también contribuye a restablecer el equilibrio. De esta forma, el mecanismo de oferta y demanda actúa como instrumento de variación de la relación de intercambio de trabajo a favor de N.

2º) Aumento de la demanda de bienes producidos por N, de modo que $\tilde{G}(Z) > G(Z)$ para todas las $Z \in R_+$. Tal modificación de la demanda debe aumentar el gasto global en bienes de N por encima de su oferta, $\tilde{G}(Z_0)Y > G(Z_0)Y = StL$, mientras que el efecto contrario se producirá respecto a los bienes producidos en E. Luego, $\tilde{H}(Z_0) > H(Z_0) = (ST/S^*)(L/L^*)$. La corrección de este desequilibrio se realiza, como ya hemos visto, mediante la elevación de la tasa salarial relativa de N respecto a E.

En resumen, la elevación de la productividad relativa de N y el aumento del peso del país en la demanda mundial de bienes son factores dinámicos, de oferta y de demanda, que tienden a elevar la relación de intercambio de trabajo, y con ello, el intercambio desigual, a favor del país objeto de estos cambios. Obsérvese que ambos factores dinámicos están generalmente presentes en los países industrializados de mayor nivel de desarrollo relativo, y que son en general los factores utilizados en la explicación de la hipótesis de Prebisch-Singer sobre el deterioro de las relaciones de intercambio mercantil. Sin embargo, en este modelo no se supone diferencias previas en los mercados de trabajo nacionales como base de la transferencia de renta; por el contrario, en el enfoque del intercambio desigual es el propio mercado internacional el que induce y propicia las diferencias de precios y salarios después del comercio.

Según se infiere del modelo continuo, el efecto final del aumento del intercambio desigual sobre la posición relativa de los países en la renta mundial es *contribuir a profundizar la brecha en los niveles de renta per cápita a favor del*

país, generalmente más desarrollado, de mayor crecimiento de la productividad o de mayor aumento de la demanda mundial de sus producciones. Ciertamente, la ratio de las rentas per cápita en N y E será igual a $\frac{StL/D}{S^*t^*L^*/D^*} = \frac{ST/S^*}{t^*/t}$, donde D denota la población total del país y $l = L/D$ es la tasa de empleo per cápita, dependiente de las tasas de actividad y de ocupación. Luego, en los marcos del modelo continuo, y con independencia del efecto de las condiciones sociodemográficas que determinan el empleo per cápita, el diferencial de renta y su ampliación se asocia al crecimiento del diferencial de salarios, y éste a su vez recibe la influencia de factores comerciales como la existencia y aumento del intercambio desigual.

4. El intercambio desigual en el modelo de factores específicos de Samuelson y Jones

4.1. El modelo de factores específicos

El modelo de factores específicos, desarrollado por Samuelson y Jones (ver Samuelson (1971) y Jones (1971)) puede considerarse como una variante de corto plazo del modelo neoclásico estándar, y se caracteriza en general por lo siguiente:

a) hay dos factores de producción (trabajo y capital), pero la disponibilidad del segundo factor es fija para cada sector, por lo que su existencia se manifiesta como rendimientos decrecientes del trabajo;

b) el salario es proporcional al rendimiento marginal del trabajo, por lo que la diferencia entre la productividad media y la marginal aparece como un excedente de explotación.

Formulemos el modelo de nuestro país por medio de las funciones de producción de los dos sectores, $Y_i = f_i(L_i)$, con propiedades $f_i(0) = 0$, $f_i \geq 0$ y $F_i(L_i) = df_i/dL_i > 0$, y de la disponibilidad total de trabajo L , de modo que $L_1 + L_2 = L$. El supuesto básico de rendimientos marginales del trabajo decrecientes de las funciones de producción, $dF_i/dL_i < 0$, dadas sus restantes propiedades, significa que F_i son cóncavas y que $Y_i > F_i L_i$, de modo que la productividad (media) del trabajo es mayor que su rendimiento marginal. Es útil también definir las *funciones de gastos de trabajo* como la inversa de las funciones de producción, $L_i = a_i(Y_i) = f_i^{-1}(Y_i)$, que serían convexas y crecientes por Y_i , de modo que el gasto marginal, también creciente, $A_i = da_i/dY_i = 1/F_i$, sería mayor que el gasto medio, que denotamos por $A_{L_i} = L_i/Y_i \leq A_i$.

El primer paso en el análisis del modelo es la obtención de los parámetros que caracterizan la frontera de posibilidades de producción del país mediante la solución del siguiente problema:

$$" \max Y_2, \text{ en condiciones } Y_i = f_i(L_i), i = 1, 2, \text{ y } L_1 + L_2 = L, L_i \geq 0."$$

Un punto (L_1^0, L_2^0) donde se alcanza la solución debe satisfacer las siguientes

condiciones:

$$\begin{aligned} L_1^0, L_2^0 &= L \\ S &= P_i F_i(L_i^0), i = 1, 2; \quad P_2 = 1 \end{aligned} \quad [10]$$

donde P_i y S son los multiplicadores de Lagrange asociados a las restricciones del problema (en este modelo se toma el bien B_2 como numerario, es decir, $P_2 = 1$). De [10] se obtiene la expresión del precio relativo de los bienes:

$$P = \frac{P_i}{P_2} = \frac{F_2(L_2^0)}{F_1(L_1^0)} = \frac{A_1}{A_2}. \quad [11]$$

Si dado L denotamos por $Y_2^0(Y_1, L)$ el máximo de producción de B_2 para cada valor de B_1 , por el teorema de la envolvente tendremos que ésta será una función decreciente y cóncava de la variable exógena Y_1 que constituye la *expresión analítica de la frontera de producción o curva de transformación*; consecuentemente, los multiplicadores de Lagrange serán, en valores absolutos, sus derivadas parciales, $P = \delta Y_2^0 / \delta Y_1$ y $S = \delta Y_2^0 / \delta L$, lo que significa que P de [11] es el *coste de oportunidad* de B_2 en términos de B_1 en el punto (Y_1, Y_2^0) de la frontera de producción, y que S es la *tasa salarial de equilibrio* que había sido definida en [10] como el *valor del rendimiento marginal del trabajo*.

En estos términos, la *relación precio-coste* y *el salario real empresarial* se podrían expresar de la forma:

$$\begin{aligned} P_i &= (SL_i + D_i) / Y_i = (SL_i/Y_i)(1 + D_i/SL) = SA_{Li}(1 + b_i) \\ S / P_i &= F_i = 1 / A_i; \quad A_i = A_{Li}(1 + b_i), \end{aligned} \quad [12]$$

donde $D_i = P_i(Y_i - F_i L)$ es el excedente de explotación, y $b_i = D_i/(SL_i)$ es la tasa de beneficio del sector B_i .

4.2. Las ganancias del comercio y el intercambio desigual en el modelo de factores específicos

La curvatura de la frontera de producción del modelo aconseja introducir el enfoque marginal en el análisis del comercio, dado que los costes de oportunidad aproximan la relación de sustitución en la producción de un bien por otro sólo para el nivel de producción dado y variaciones pequeñas de dicho nivel. Supongamos que (Y_1, Y_2) es un punto de autarquía en la frontera de producción de N, con coste de oportunidad igual a P , y que en el mercado internacional ambos bienes se intercambian por la relación de intercambio $Q > P$. También en este modelo el patrón de comercio aconsejable para N sería exportar B_1 e importar B_2 . Ciertamente, sea $X_1 = dY_1$ la cantidad de B_1 que se desea exportar, a cambio de la cual se puede obtener, por medio del comercio, la cantidad $X_2^* = QdY_1$ de bienes B_2 , y sea dY_2 la cantidad de bienes B_2 que se podría producir nacionalmente con los recursos liberados si se reduce la producción de B_1 en $X_1 = dY_1$ unidades. Para magnitudes pequeñas, $dY_2 = PdY_1$, pero en cualquier caso, dada la concavidad de la curva de transformación, $dY_2 \leq PdY_1$, de modo que tendrá lugar $dY_2 \leq PdY_1 < QdY_1$ y será beneficioso para N importar B_2 . La ganancia del comercio se puede apro-

ximar con la expresión $(Q - P)X_1$, siendo en todo caso su cota inferior. De modo similar se analiza la situación para E. Teniendo en cuenta la expresión [12] de la relación coste-beneficio se tiene la condición del comercio de beneficio mutuo en este modelo:

$$\frac{A_{L1}(1+b_1)}{A_{L2}(1+b_2)} = \frac{A_1}{A_2} < Q < \frac{A_1^*}{A_2^*} = \frac{A_{L1}^*(1+b_1^*)}{A_{L2}^*(1+b_2^*)} \quad [13]$$

En lo que respecta a la relación de intercambio de trabajo, la variación de los gastos de trabajo que las cantidades intercambiadas, $X_1 = dY_1$ y $X_2^* = QdY_1$ implican se puede calcular mediante los valores diferenciales, $dL_1 = da_1(Y_1) = A_1 X_1$ y $dL_2^* = da_2(Y_2^*) = A_2^* X_2^*$, donde los gastos marginales están valorados en los puntos de autarquía de cada país. Luego, la relación de intercambio de trabajo será:

$$Q_F = dL_2^* / dL_1 = QA_2^* / A_1 \quad [14]$$

De otra parte, la condición [13] del comercio de beneficio mutuo implica que $A_1 < QA_2$ y $QA_2^* < A_1^*$, y sustituyendo en [14] se tiene:

$$\frac{A_{L2}^*(1+b_2^*)}{A_{L2}(1+b_2)} = \frac{A_2^*}{A_2} < Q_F < \frac{A_1^*}{A_1} = \frac{A_{L1}^*(1+b_1^*)}{A_{L1}(1+b_1)} \quad [15]$$

lo que generaliza [3] en relación con los gastos marginales de trabajo. Luego, si en condiciones de autarquía, un país, por ejemplo N, tuviese menores gastos marginales en ambos sectores, tendría lugar intercambio desigual a favor de dicho país ($Q_F > 1$). A tenor de [15], tal criterio de menores gastos marginales en N se cumpliría, en particular, si la productividad media del trabajo fuese mayor y la tasa de beneficio menor, condiciones que generalmente se cumplen para los países desarrollados, con mayor grado de intensificación del capital.

En términos monetarios, $Q = \frac{P_1 T}{P_2^*} = \frac{ST}{S^*} \frac{A_1}{A_2^*}$, donde T denota, como antes, el coeficiente de ajuste de los precios internos de los bienes intercambiados. De aquí, y teniendo en cuenta [14], se desprende que, como en el modelo clásico, $Q_F = ST / S^*$, de modo que, también en este modelo, el intercambio desigual se manifiesta como desigual remuneración del trabajo en los países después de comercio.

5. Las ganancias del comercio y el intercambio desigual en un modelo neoclásico simple

5.1. Los supuestos y postulados del modelo

El análisis en este epígrafe se lleva a cabo sobre la base de una versión lineal simple del modelo neoclásico tradicional del comercio (ver Jones (1956, 1965), Krugman (2001), Martínez Soler (2002)) a los fines de obtener mayor transparencia en los resultados con menor complejidad técnica. El modelo en cuestión está estructurado sobre los siguientes supuestos básicos:

■ hay dos factores de producción: trabajo (L) y capital (K), y los países se diferencian en la abundancia relativa de ambos factores, tanto en su interpretación *física* (N es relativamente abundante en trabajo si $K/L = D < K^*/L^* = D^*$, o sea si tiene menor ratio capital-trabajo que E), como en su interpretación económica (N es relativamente abundante en trabajo si en condiciones de autarquía el trabajo es relativamente más barato en N);

■ hay pleno empleo y movilidad de factores dentro de cada país pero inmovilidad internacional de los mismos;

■ hay una sola tecnología en cada sector y son constantes los coeficientes de gasto unitario de trabajo A_{iL} y de capital A_{iK} , $i = 1, 2$, de modo que no existe sustitución entre factores (tecnologías de "Leontieff") y se caracterizan por su *intensidad de capital (o factorial)* $D_i = A_{iK}/A_{iL}$; en el caso particular del modelo del tipo *Heckscher-Ohlin* (modelo H-O) se supone la igualdad de las tecnologías entre países, $A_{ij} = A_{ij}^*$ a los efectos de eliminar las diferencias tecnológicas como posible fuente de comercio;

■ se cumple el supuesto fuerte de intensidad de factores, según el cual la intensidad de capital de las tecnologías de un sector siempre es menor que la intensidad de capital de las tecnologías del otro sector (en el caso del modelo lineal esta condición se cumple de manera automática, suponiendo en lo adelante que las tecnologías de B_1 son las de menor intensidad factorial);

■ las intensidades factoriales de las tecnologías y la dotación factorial del país están relacionadas por la *condición de consistencia*: $D_1 < D < D_2$ y $D_1^* < D^* < D_2^*$, que asegura la existencia, unicidad y no negatividad de las soluciones del modelo.

De los supuestos anteriores se obtienen los postulados generales del modelo, tanto general como para el caso H-O.

El conjunto de todas las soluciones (Y_1, Y_2) del modelo debe cumplir las siguientes inecuaciones (además de $Y_i \geq 0$):

$$\begin{aligned} A_{1L}Y_1 + A_{2L}Y_2 &\leq L \\ A_{1K}Y_1 + A_{2K}Y_2 &\leq K. \end{aligned}$$

El determinante $\Delta = A_{1L}A_{2K} - A_{1K}A_{2L} = A_{1L}A_{2L}(D_2 - D_1)$ del sistema siempre es positivo en virtud del supuesto fuerte de intensidad de factores, por lo que existirá un solo punto (Y_1, Y_2) en el que se empleen plenamente ambos recursos:

$$Y_1 = \frac{L(D_2 - D)}{A_{1L}(D_2 - D_1)} \text{ y } Y_2 = \frac{L(D - D_1)}{A_{2L}(D_2 - D_1)},$$

y atendiendo a la condición de consistencia del modelo, la solución de pleno empleo de factores será positiva. De las expresiones anteriores se puede calcular la *oferta relativa* $Y = Y_2/Y_1$ en el punto de pleno empleo de factores:

$$Y = \frac{Y_2}{Y_1} = \frac{A_{1L}(D - D_1)}{A_{2L}(D_2 - D)}. \quad [16]$$

Dadas las tecnologías de B_1 y B_2 , la fórmula [16] define una cierta *función* $Y = g(D)$ de la *oferta relativa* respecto de la dotación de factores de N. Esta función

es creciente y convexa en el intervalo entre D_1 y D_2 , donde toma valores desde 0 hasta infinito, por lo que tiene lugar la implicación $D' > D \Rightarrow Y' = g(D') > Y = g(D)$, generando un sesgo en la oferta relativa a favor del bien intensivo en el factor acrecentado (*teorema de Rybczynski*). De modo similar, para E existirá una función $Y^* = g^*(D^*)$ de idénticas propiedades.

Para monetizar el modelo se parte de la tasa salarial S y la tasa de remuneración (rentabilidad) del capital R en autarquía, así como del *precio relativo de los factores*, definido como la relación entre el salario y la rentabilidad del capital, $W = S/R$. El precio de equilibrio de los bienes, dado el supuesto de competencia perfecta, debe igualarse a su coste:

$$P_i = SA_{iL} + RA_{iK} = SA_{iL}(1 + D_i/W) = SA_{iL}(1 + b_i), \quad i = 1, 2, \quad [17]$$

donde $b_i = D_i/W = RA_{iK} / SA_{iL}$ denota la tasa de beneficio o de plusvalía del capital expresada en proporción al gasto salarial. De [17] se obtiene la fórmula de los precios relativos de los bienes $P = P_1 / P_2$ y su rango de variación entre las cotas, $U_K = A_{1K}/A_{2K}$ y $U_L = A_{1L}/A_{2L}$, que denotan los costes de oportunidad de los bienes desde el punto de vista del capital y del trabajo, respectivamente:

$$U_K = P_{\min} < U_K \frac{1+W/D_1}{1+W/D_2} = P = U_L \frac{1+D_1/W}{1+D_2/W} < P_{\max} = U_L. \quad [18]$$

Dadas las tecnologías, la expresión [18] define una cierta *función* $P = h(W)$ de los *precios relativos de los bienes*, dependiente de los precios factoriales relativos, que será estrictamente creciente y cóncava. Debido a la monotonía de h , los precios factoriales relativos pueden ser expresados, inversamente, como función de los precios relativos de los bienes, la cual define la función inversa $W = h^{-1}(P) : (U_K, U_L) \rightarrow (0, +\infty)$, creciente y convexa. Como quiera que con comercio los precios relativos de los bienes en los países tienden a igualarse a la relación internacional de intercambio Q , se tiene la implicación $P \rightarrow Q > P \Rightarrow W = h^{-1}(P) \rightarrow W' = h^{-1}(Q) > W$, que caracteriza el *efecto redistributivo* que ejerce el comercio sobre la remuneración (real) de los factores en cada país (*teorema de Stolper-Samuelson*). De manera similar se definen $P^* = h^*(W^*)$ y $W^* = h^{*-1}(P^*)$ correspondientes a E con idénticas propiedades.

En el caso particular del modelo H-O, las funciones $Y = g(D)$ y $P = h(W)$ son las mismas para ambos países. En el primer caso esto implica que de $D < D^*$ se deriva $Y < Y^*$, lo que significa que la oferta relativa (sin comercio) de cada país estará sesgada hacia el bien intensivo en el factor abundante (en su acepción física). En el segundo caso, del supuesto de la abundancia económica del trabajo en N, ($W < W^*$) se tiene que $P = h(W) < P^* = h^*(W^*)$. Esto significa que cada país tiene ventajas comparativas en el sector intensivo en el factor abundante, de modo que cualquier relación de intercambio internacional que cumpla el criterio $P < Q < P^*$ permitirá obtener ganancias del comercio a los países que se especialicen en el sector de su ventaja comparativa. La complementariedad de los sesgos de las ofertas relativas de los países, derivada del supuesto de la abundancia

física de factores, apoya y complementa la conclusión precedente sobre el patrón del comercio de beneficio mutuo (*teorema central de la teoría H-O*). De otra parte, la convergencia de los precios mercantiles de los países hacia Q ($P \rightarrow Q \leftarrow P^*$) implica que los precios factoriales relativos convergen hacia un mismo valor ($W \rightarrow h^{-1}(Q) \leftarrow W^*$), actuando el comercio de bienes como un sustituto de la libre movilidad de factores entre países (*teorema de Samuelson*).

El postulado central de la teoría H-O sobre la relación entre el patrón de comercio y la abundancia de factores, así como el teorema de la igualación del precio de los factores, se apoyan sustancialmente en el supuesto de la *igualdad de las tecnologías* entre países como fundamento de la igualdad de las funciones g y h que vinculan los parámetros del modelo. Este supuesto es bastante restrictivo, particularmente en el caso del comercio entre países de diferente nivel de desarrollo, y en cierta medida contribuye a las inconsistencias reveladas en la comprobación empírica de la teoría H-O (ver Krugman (2001)). Por esta razón en este trabajo examinaremos fundamentalmente el modelo con diferencias tecnológicas. En ausencia de igualdad de tecnologías lo único que puede afirmarse es que si se cumplen las relaciones $g(D) < g^*(D^*)$ y $h(W) < h^*(W^*)$, el patrón de comercio N(1)-E(2) aportaría beneficios mutuos, siendo indiferente si los sesgos de oferta y las diferencias de precios relativos se deben a diferencias factoriales o tecnológicas.

5.2. El intercambio desigual en el modelo neoclásico simple

Ante todo observemos que, a tenor de [17], la condición del comercio de beneficio mutuo, $P < Q < P^*$ puede describirse como $U_L(1+b_1)/(1+b_2) < Q < U_L^*(1+b_1^*)/(1+b_2^*)$. Luego, si la relación de intercambio de trabajo se define tomando en cuenta exclusivamente los gastos directos de trabajo, $Q_F = QA_{2L}^* / A_{1L}^*$, tendremos que deberá cumplirse:

$$\frac{A_{2L}^* (1+b_1)}{A_{2L} (1+b_2)} < Q_F < \frac{A_{1L}^* (1+b_1^*)}{A_{1L} (1+b_2^*)}.$$

Esta condición se simplifica en el caso del modelo H-O debido a que $A_{iL} = A_{iL}^*$; además, dado el supuesto fuerte de intensidades factoriales, $b_1 < b_2$ y $b_1^* < b_2^*$, por lo que $Q_F < 1$, es decir, *siempre tendrá lugar intercambio desigual a favor del país de mayor intensidad de capital*. Situación similar se produciría también en el caso del modelo con diferencias tecnológicas siempre que la abundancia relativa de capital en E se traduzca en menores gastos relativos de trabajo en ese país respecto al otro. Este resultado extremo se debe a la no consideración del papel que la existencia del capital y la intensidad de su uso tienen sobre los gastos directos de trabajo, por lo que debe modificarse el enfoque del modelo para incorporar este aspecto.

Ciertamente, en un modelo de dos factores es insuficiente tomar en cuenta sólo los gastos directos de trabajo dado que dicho gasto siempre *implica* el gasto adicional, por razones de complementación o de sustitución, de cierta cantidad equivalente de capital, que en virtud de ello puede equipararse, funcionalmente, a cierta cantidad de trabajo (más allá del concepto del capital físico como traba-

jo pretérito). Luego, interesa medir los *gastos totales de trabajo*, que incluyan tanto los gastos directos como los gastos de trabajo equivalentes, implícitos en el uso del capital. En calidad de esa medida, basada en la remuneración de los factores, se toma

$$A_i = A_{il} + \frac{RA_{ik}}{S} = A_{il} + \frac{A_{ik}}{W} = A_{il} + (b_i A_{il}), \quad [19]$$

donde el segundo sumando en cada miembro de las fórmulas [19] representa el *gasto de trabajo equivalente implícito en el uso del capital*. Este concepto puede interpretarse, indistintamente, como la cantidad de trabajo, valorado por la tasa salarial, que podría comprarse por el coste de uso del capital (RA_{ik}), o como el coste de uso del capital, reducido a trabajo equivalente mediante la tasa de beneficio (b_i), que cada unidad de trabajo directo requiere para su funcionamiento. Esta medida tiene las siguientes propiedades, que generalizan las propiedades similares del trabajo directo en el modelo clásico de un solo factor.

■ el coste de oportunidad o precio relativo de los bienes en los marcos de un país es igual a los gastos totales relativos de trabajo, $P = \frac{P_1}{P_2} = \frac{SA_i}{SA_2} = \frac{A_i}{A_2}$.

■ *la productividad del trabajo total* es igual a la productividad del trabajo directo, corregida por la participación del trabajo en la producción, $1/A_i = (1/A_{il}) \beta_i$, $\beta_i = (SA_{il})/P_i$

■ el gasto total de trabajo se descompone en directo e inducido en proporción *a la participación del trabajo y del capital en la producción*, $A_{il} = A_{il}\beta_i$, $A_{ik}/W = A_i(1 - \beta_i)$.

■ la disminución del gasto total de trabajo en un determinado sector,

$$dA_i = dA_{il} + d\left(\frac{A_{ik}}{W}\right) = dA_{il} + \left(\frac{A_{ik}}{W}\right)\left(\frac{dA_{ik}}{A_{ik}} - \frac{dW}{W}\right) < 0, \quad [20]$$

significa que, o bien ha tenido lugar un *aumento integral de la eficiencia*, cuando se han reducido no sólo los gastos directos de trabajo ($dA_{il} < 0$) sino también los implícitos en el uso del capital ($d(A_{ik}/W) < 0$) debido a que el aumento relativo de los gastos de capital es menor que el aumento relativo del salario, $\frac{d(A_{ik}R)}{A_{ik}R} < \frac{dS}{S}$; o bien, habiendo aumentado los gastos equivalentes implícitos en el uso del capital, ha tenido lugar un proceso de *sustitución eficiente de trabajo por capital*, cuando el ahorro del gasto de trabajo directo es mayor que el sobre gasto de trabajo implícito en el uso del capital, $d\left(\frac{A_{ik}}{W}\right) < dA_{il}$. Ambas situaciones ejemplifican las direcciones principales del progreso técnico en un modelo de dos factores: sustitución eficiente de trabajo por capital o uso eficiente de ambos factores.

Aunque en el modelo lineal los parámetros tecnológicos son constantes, al igual que la oferta relativa, no lo serán ni los precios de los bienes y de los factores ni los gastos totales de trabajo después del comercio, ya que dependerán de la relación de intercambio internacional que se adopte en el comercio, diferenciándose de las correspondientes variables en autarquía. Así, los precios relativos de los bienes después del comercio, P^0 y P^{*0} , se igualarán a los internacionales, $P < P^0 = Q = P^{*0} < P^*$, y variarán en igual dirección los precios relativos de los factores, $W < W^0 = h^{-1}(Q)$ y $W^* > W^{*0} = h^{*-1}(Q)$, de modo que también variarán los gastos totales de trabajo, $A_i^0 = A_{iL} + A_{iK} / W^0 < A_i$ y $A_i^{*0} = A_{iL}^* + A_{iK}^* / W^{*0} > A_i^*$, pero manteniéndose la condición básica del comercio de beneficio mutuo,

$$A_i / A_2 < A_i^0 / A_2^0 = Q = A_1^{*0} / A_2^{*0} < A_1^* / A_2^* . \quad [21]$$

De [21] se obtiene que *la relación de intercambio factorial, medida como la ratio de los gastos totales de trabajo después del comercio* en E respecto de N en los bienes intercambiados:

$$Q_F = Q \frac{A_2^{*0}}{A_1^0} = \frac{A_i^{*0}}{A_i^0}, \quad i=1,2, \quad [22]$$

es igual a la ratio de los gastos totales de trabajo en E respecto de N con comercio en *cualesquiera* de los dos sectores, por lo que puede caracterizar *la eficiencia comparativa de un país respecto al otro*.

A tenor de [22], las diferencias en los gastos totales de trabajo (con comercio) entre países implicaría intercambio desigual a favor del país con menores gastos totales. Además, en términos monetarios, $Q = \frac{P_1^0 T}{P_2^{*0}} = \frac{ST}{S^*} \frac{A_1^0}{A_2^{*0}}$, de donde se desprende que, como en los modelos precedentes, $Q_F = ST / S^*$, de modo que el intercambio desigual se manifiesta como desigual remuneración del trabajo en los países después de comercio.

Veamos las implicaciones de [22] en los casos del modelo H-O y del modelo general con diferencias tecnológicas.

En el caso del modelo H-O, los coeficientes unitarios de gasto de cada sector son iguales en ambos países, y en virtud del teorema de Samuelson también lo serán los precios factoriales relativos después del comercio, $W^0 = W^{*0}$, por lo que en [22], teniendo en cuenta [19], se tiene $A_i^0 = A_i^{*0} \Rightarrow Q_F = 1$, y *no habría intercambio desigual*. Este resultado significa que *las diferencias en la abundancia relativa de factores* por sí solas, sin que induzcan diferencias tecnológicas, *no constituirían un factor generador de intercambio desigual* a favor del país abundante en capital. Esto se habría debido al efecto compensatorio de la igualación de los precios factoriales que funcionalmente sustituye la movilidad internacional de factores.

En el caso de diferencias tecnológicas, éstas se manifestarían, ante todo, como diferencias en la eficiencia en el uso de los factores. De forma similar a como se hizo anteriormente respecto a [20], podemos diferenciar dos situaciones en dependencia de las direcciones principales del progreso técnico que se mate-

rializan en menores gastos totales:

■ Cuando esta mayor eficiencia de un país (por ejemplo E) respecto del otro tenga lugar en ambos factores al mismo tiempo, de modo que los gastos directos e implícitos sean menores en E, $A_{iL}^{*0} < A_{iL}^0$, $A_{iK}^{*0}/W^{*0} < A_{iK}^0/W^0$, tal diferencia integral en los gastos totales de trabajo conducirá a *intercambio desigual por razones similares a las del modelo clásico*.

■ Cuando el país que *sustituye trabajo por capital con mayor intensidad*, (en particular, *probablemente* debido a su mayor abundancia relativa), incurre, comparativamente, en menores gastos de trabajo directo aunque en mayores gastos de trabajo equivalente implícito en el uso del capital, pero el ahorro de trabajo directo supera el gasto adicional de trabajo implícito en el uso del capital, $A_{iL}^0 - A_{iL}^{*0} > \frac{A_{iK}^{*0}}{W^{*0}} - \frac{A_{iK}^0}{W^0}$, de modo que el país que sustituye trabajo por capital tendrá menores gastos totales de trabajo debido a una *sustitución eficiente de factores*, y habrá *intercambio desigual a favor del país que realiza dicha sustitución*.

En resumen, en un modelo de dos factores de producción, las diferencias entre países en la abundancia relativa de factores por sí solas no generarían intercambio desigual, pero sí lo generarían las diferencias tecnológicas, que puedan o no estar vinculadas a diferencias en la dotación factorial, y que se manifiestan como diferencias en la eficiencia en el uso de los factores, sea integral o derivada de la sustitución eficiente de trabajo por capital.

6. Las ganancias del comercio y el intercambio desigual en el modelo neoclásico estándar

6.1. Particularidades del modelo

Las particularidades del modelo estándar del comercio (cuya formalización íntegra puede verse en Salvatore (1992), Martínez Soler (2002)) pueden resumirse en lo siguiente:

■ *Las tecnologías de producción* son de rendimientos de escala constantes y rendimientos marginales decrecientes por cada factor, formalizadas mediante funciones homogéneas de primer grado y cóncavas:

$$Y_i = f_i(L_i, K_i); \quad f_i(\lambda L_i, \lambda K_i) = \lambda L_i f_i(L_i, K_i) \\ F_{iL} = \delta f_i / \delta L > 0; \quad F_{iK} = \delta f_i / \delta K > 0; \quad (F_{iL})'_L < 0; \quad (F_{iK})'_K < 0,$$

de modo que los rendimientos medios y marginales del trabajo (capital) son funciones crecientes (decrecientes) de la relación capital-trabajo.

■ Existe la posibilidad de sustitución entre los factores de producción, expresada mediante la *relación marginal de sustitución (RMS) o coste de oportunidad de los factores de producción*, $\Omega_i(D_i) = -\frac{dA_{iK}}{dA_{iL}} = \frac{F_{iL}(D_i)}{F_{iK}(D_i)}$, que es una función positiva y monótona creciente de la relación capital-trabajo. La función inversa

$$D_i = k_i(W) \Leftrightarrow \frac{A_{iK}}{A_{iL}} = \Omega^{-1}\left(\frac{S}{R}\right) \quad [23]$$

es también creciente, y representa la proporción óptima (según mínimo del coste, $P_i = SA_{iL} + RA_{iK}$) en el uso de los factores de producción respecto del precio relativo de éstos ($W = S / R$), por lo que se cumple $S = P_i F_{iL}$, $R = P_i F_{iK}$ y $W = S / R = F_{iL} / F_{iK}$. Además el coste mínimo $P_i = SA_{iL} + RA_{iK}$ resulta ser una *función creciente y cóncava de los precios factoriales relativos*,

$$P_i = h_i(W) = SA_{iL} \left(1 + \frac{D_i}{W} \right) \quad [24]$$

■ Al ser crecientes las funciones [23], las intensidades factoriales $D_i = K_i / L_i$ de los sectores crecen simultáneamente (aunque no en igual magnitud) al crecer los precios factoriales relativos $W = S / R$. Pero si la dotación de factores está dada, esto sólo es posible si aumenta la asignación de ambos factores al sector menos intensivo en capital a costa del otro sector, ya que $L_1 / L_2 = (D_2 - D) / (D - D_1)$ y $K_1 / K_2 = (1 - D / D_2) / (D / D_1 - 1)$. Luego, al encarecerse el factor trabajo, *la oferta relativa $Y = Y_2 / Y_1$ resulta ser una función decreciente de los precios factoriales relativos*⁵,

$$\frac{Y_2}{Y_1} = j(W) \quad [25]$$

■ El supuesto fuerte de intensidad de factores, según el cual para cualquier valor de los precios relativos de los factores la relación capital-trabajo óptima y la tasa de beneficio $b_i = D_i / W$ son siempre mayores en el sector intensivo en capital, resulta ser condición necesaria y suficiente para que el precio relativo o coste de oportunidad de los bienes, $P = P_1 / P_2$, sea también una función creciente, además de cóncava, de los precios factoriales relativos⁶, conocida como *relación marginal de transformación* (RMT) de la frontera de producción:

$$P = h(W) = \frac{h_1(W)}{h_2(W)} = \frac{A_{1L}(1 + D_1 / W)}{A_{2L}(1 + D_2 / W)} \quad [26]$$

Evidentemente, $P = F_{L2} / F_{L1} = F_{K2} / F_{K1}$.

Las relaciones funcionales [23] –[26] se constituyen en fundamentos tanto de las relaciones entre los parámetros del modelo como de los principales postulados de la teoría. En particular, el teorema central del modelo estándar se resume en lo siguiente.

En autarquía, se supone que cada país maximiza su función de utilidad global sobre el conjunto de posibilidades de producción, por lo que los niveles de consumo y de producción coinciden en cada país, y coinciden también los precios relativos internos de equilibrio, P y P^* , con la RMT de la frontera de producción y la RMS de la curva de indiferencia, razón por la cual dichos precios

⁵ Adicionalmente, para valores de W y D_i ($i = 1, 2$) dados, un aumento de la dotación de capital (trabajo) conduce a un aumento de la asignación de ambos recursos al sector B_2 (B_1), generando un sesgo consecuente en la frontera de producción, lo que constituye la base del teorema de Rybczinski ya examinado.

⁶ Su inversa, $W = h^{-1}(P)$, será también creciente, y además convexa, constituyendo esta propiedad condición necesaria para el cumplimiento del teorema de Stolper-Samuelson anteriormente examinado.

relativos internos codifican la información sobre las condiciones tanto de producción como de consumo. Supongamos que $P < P^*$, o sea que N tiene ventajas comparativas en B_1 y E en B_2 , independientemente de la causa de la diferencia en los precios relativos internos. Entonces existe una relación de intercambio internacional $P < Q < P^*$ tal que ambos países y el mundo en su conjunto obtienen ganancias del comercio en forma de aumento de la renta disponible real si:

- ambos países maximizan en la producción la renta nacional a los precios internacionales, y en el consumo su utilidad global con la restricción presupuestaria a dichos precios y el nivel óptimo de renta;
- cada país exporta la cantidad excedente del bien de su ventaja comparativa (N de B_1 y E de B_2) a los precios internacionales, estando el comercio a dichos precios equilibrado.

En este caso los costes de oportunidad en la producción y en el consumo con comercio en cada país coinciden con la relación internacional de intercambio.

La generalidad del supuesto básico de esta afirmación (la existencia de ventajas comparativas) deja abierta la cuestión de las condicionantes del comercio, o sea, de las causas del surgimiento de diferencias en los precios relativos de los países en autarquía. Por lo tanto, la afirmación es válida ya se trate del caso de diferencias de precios debidas a diferencias tecnológicas, como en el modelo clásico, o a diferencias en las dotaciones factoriales, como en el modelo H-O. O incluso a diferentes sesgos en la demanda.

6.2. El intercambio desigual en el modelo estándar

Al igual que en el modelo neoclásico simple definamos los gastos totales de trabajo como la suma de los gastos directos y los implícitos, estos últimos equivalentes en valor a los gastos de capital que sustituyen o complementan el factor trabajo

$$A_i(W) = A_{Li}(W) + \frac{A_{Ki}(W)}{W} = A_{Li}(W) \left(1 + \frac{D_i(W)}{W} \right) \quad [27]$$

La diferencia se encuentra en que, en el modelo estándar, los gastos unitarios de factores, A_{Li} , A_{Ki} , y las intensidades factoriales, D_i , no son constantes, sino que son funciones de los precios relativos de los factores, W , y por lo tanto, atendiendo a la función inversa de [26], también de los precios relativos de los bienes. Además, toda vez que $A_i = 1/F_{Li}$, los gastos totales de trabajo, al igual que los gastos directos, son funciones decrecientes de los precios relativos, tanto factoriales como mercantiles.

Supongamos que en el mercado internacional se ha establecido una relación de intercambio de beneficio mutuo $P < Q < P^*$ que optimiza la producción y el consumo, con comercio, en ambos países. Es evidente que al nivel óptimo de producción con comercio en N que maximice la renta nacional a los precios relativos Q le corresponderán unos gastos totales de trabajo tales que $A_1^0/A_2^0 = Q$, donde $A_i^0 = A_{Li}^0(1 + D_i^0/W^0)$ y todos los parámetros de la fórmula dependerán, en última instancia, de Q ; similar relación se cumplirá para E. La relación de intercambio factorial en este caso será:

$$Q_F = Q \frac{A_2^{*0}}{A_1^0} = \frac{A_i^{*0}}{A_i^0}, \quad i = 1, 2, \quad [28]$$

que al ser idéntica a [22] del modelo simple, serán similares sus implicaciones:

■ en el caso de igualdad de tecnologías entre países serán iguales las funciones [23]- [26], por lo que

$$(P \rightarrow Q \leftarrow P^*) \Rightarrow (W \rightarrow W^0 = h^{-1}(Q) \leftarrow W^*) \Rightarrow (D_i \rightarrow D_i^0 = k_i(W^0) \leftarrow D_i^*), i=1,2,$$

de modo que $F_{L_i}(D_i^0) = F_{L_i}^*(D_i^0) \Rightarrow A_i^0 = A_i^{*0}$, $i=1,2$, y no habría lugar para el intercambio desigual de trabajo;

■ en el caso de diferencias tecnológicas, habría intercambio desigual a favor del país con mayor eficiencia global, ya sea por menor gasto integral en el uso de los dos factores o por una sustitución eficiente del trabajo por capital. Además, en términos monetarios se cumpliría $Q_F = Q \frac{A_2^{*0}}{A_1^0} = \frac{P_1^0 T / A_1^0}{P_2^{*0} / A_2^{*0}} = \frac{S^0 T}{S^{*0}}$, de modo que, también en este modelo, el intercambio desigual se manifestaría como mayor remuneración del trabajo después del comercio en el país más eficiente.

A tenor de lo anterior señalemos que si representamos la renta per cápita de los países mediante el símbolo "y", tomando en cuenta la descomposición de la renta en la remuneración de sus factores, tendremos: $y = S(l/c)$, donde l denota el empleo per cápita, dependiente de las tasas de actividad y de ocupación, y c representa la participación del trabajo en la renta total, dependiente de la tasa de asalarización y del coste laboral unitario. Luego, en los marcos del modelo estándar y con independencia de las condiciones económicas y demográficas que determinan la ratio de la participación del empleo en la población y del trabajo en la renta, el diferencial de renta per cápita entre los países y su ampliación se asocia al diferencial de salarios, y éste, a su vez, recibe la influencia de factores comerciales como el intercambio desigual.

7. Conclusión

1. El presente trabajo ha estado dedicado a uno de los problemas centrales del vínculo entre comercio y desarrollo como lo es el intercambio desigual entre países desarrollados y en desarrollo, entendiéndolo por intercambio desigual la transferencia de renta, vía precios de intercambio, desde el país menos desarrollado al de mayor desarrollo relativo que, como fenómeno inherente al comercio de beneficio mutuo, tiene su base en que a través del comercio de bienes se intercambian cantidades diferentes del trabajo materializado en dichas mercancías.

Al respecto se analiza la vinculación entre los conceptos de intercambio desigual, ganancia derivada del comercio y relación de intercambio, y se muestra que el intercambio desigual puede tener lugar incluso cuando el país de mayor productividad no obtiene ganancias reales derivadas del comercio, y puede aumentar incluso cuando la relación real de intercambio se deteriora para dicho país.

2. El análisis del modelo clásico permite establecer que la causa última del intercambio desigual serían las diferencias de productividad entre países desarrollados y en desarrollo, las que se manifestarían como intercambio desigual debido a que, en condiciones de inmovilidad internacional del trabajo, la relación de intercambio estaría sesgada a favor de los primeros. Tal sesgo se debería a la incompatibilidad entre el intercambio de equivalentes y el de beneficio mutuo

para países de diferente nivel de desarrollo, según la cual un intercambio proporcional a los gastos de trabajo acarrearía pérdidas derivadas del comercio al país de mayor productividad, mientras que, por el contrario, el comercio basado en las ventajas comparativas y el beneficio mutuo conduciría necesariamente a relaciones de intercambio de trabajo a favor del país con mayor productividad, aún cuando el país menos desarrollado obtenga ganancias reales del comercio. Al mismo tiempo, el intercambio desigual del trabajo se manifestaría como mayor remuneración de dicho factor después del comercio en el país con mayor productividad, y el proceso de ajuste de los precios en el mercado internacional implicaría el aumento del salario relativo de dicho país en moneda común.

3. La generalización de estos resultados al modelo de Dornbush, Fisher y Samuelson con múltiples tipos de bienes y funciones de oferta y demanda permite confirmar que, también en este caso, la tasa salarial relativa de equilibrio constituye una medida adecuada de la ratio en que se intercambian los trabajos a través del comercio, y que la elevación de la productividad relativa y el aumento del peso de las exportaciones del país en la demanda mundial de bienes son factores dinámicos, generalmente presentes en los países industrializados, que tienden a elevar la relación de intercambio de trabajo a favor del país objeto de estos cambios. Según se infiere del modelo, el aumento del intercambio desigual contribuye a profundizar la brecha en los niveles de renta per cápita entre países desarrollados y en desarrollo.

4. En el modelo de factores específicos de Samuelson y Jones, caracterizado por rendimientos del trabajo decrecientes derivados de la existencia de un segundo factor de producción fijo, se muestra que tanto las ganancias derivadas del comercio como la relación de intercambio de trabajo se pueden expresar en términos de los gastos marginales, y estos últimos dependerán negativamente de la productividad media del trabajo y positivamente del excedente de explotación. Luego, la diferenciación entre países respecto a ambos factores devendría desencadenante del intercambio desigual en este modelo, aunque la tasa salarial relativa después del comercio seguirá siendo una medida adecuada del intercambio desigual de trabajo y de su efecto sobre la distribución de la renta.

5. En una versión lineal simple del modelo neoclásico del comercio se estudian las implicaciones de la existencia de dos factores de producción sobre el problema del intercambio desigual. Un primer análisis muestra que, si se ignora la influencia de la existencia e intensidad de uso del capital sobre los gastos de trabajo y se considera sólo el gasto directo de trabajo, siempre tendría lugar intercambio desigual a favor del país de mayor intensidad de capital, incluso en el comercio entre países de similar nivel de desarrollo. Este resultado paradójico podría eliminarse si en los modelos de dos factores se define la relación de intercambio de trabajo a partir de los gastos totales, que incluirían, adicionalmente al gasto directo de trabajo, también el gasto de trabajo equivalente que está implícito en el uso del capital. Esta medida podría interpretarse, indistintamente, como la cantidad de trabajo, valorado por la tasa salarial, que podría comprarse por el coste de uso del capital, o como el coste del capital que cada unidad de trabajo

directo requiere para su funcionamiento, reducido a trabajo equivalente mediante la tasa de beneficio. Los gastos totales de trabajo tiene diversas propiedades que generalizan las del trabajo directo en los modelos de un solo factor; entre ellas que el *coste de oportunidad* o precio relativo de los bienes en los marcos de un país sería igual a los gastos totales relativos de trabajo; y estos últimos, a la ratio de los gastos marginales en los casos de rendimientos del trabajo decrecientes. Además, la *disminución del gasto total de trabajo* en un determinado sector sería debida a alguna de las direcciones principales del progreso técnico en un modelo de dos factores: bien a un *aumento integral de la eficiencia*, cuando se han reducido tanto los gastos directos de trabajo como los gastos implícitos en el uso del capital; o bien a un proceso de *sustitución eficiente de trabajo por capital*, cuando el ahorro del gasto de trabajo directo es mayor que el aumento del gasto de trabajo implícito en el uso del capital.

En estos términos, *la relación de intercambio de trabajo* después del comercio sería igual a la ratio de los gastos totales de trabajo de un país respecto del otro en cualesquiera de los dos sectores, por lo que este indicador puede caracterizar la eficiencia comparativa de los países. De este modo, tienen lugar las siguientes situaciones:

- En el caso de *igualdad de las tecnologías entre países* (el caso del modelo H-O), los gastos totales de trabajo de los países se igualarían con comercio, por lo que no habría intercambio desigual;
- En el caso de *diferencias tecnológicas* y en los *gastos totales* (que puedan o no estar vinculadas a diferencias en la dotación factorial), el intercambio desigual de trabajo a favor del país con menores gastos totales podría deberse a una mayor eficiencia integral de ambos factores o a una sustitución eficiente de trabajo por capital en dicho país respecto al otro.

6. La posibilidad de optimizar la producción y el consumo mediante la consideración de la sustitución de factores y de las preferencias del consumidor en los marcos del modelo estándar del comercio internacional, no obstante la generalidad de este modelo, no invalida sino confirma las conclusiones anteriores sobre el intercambio desigual y su manifestación a través del ajuste de precios y salarios en el mercado internacional. Además, como quiera que el salario relativo después del comercio conforma, junto con la tasa de empleo per cápita y la tasa de participación del trabajo en la renta, la ratio de las rentas per cápita de los países, con independencia de las condiciones económicas y demográficas que determinan dichas tasas, el intercambio desigual constituye un factor determinante de la diferenciación de la renta per cápita entre los países desarrollados y en desarrollo.

Bibliografía

AMÍN, S. (1975): *¿Cómo funciona el capitalismo? El intercambio desigual y la ley del valor*, Siglo XXI, Madrid.

BARRIENTOS, S. (1991) "The classical foundations of unequal exchange: a critical analysis", *British Review of Economic Issues* 29, pp. 61-86.

BHAGWATI, J. N. (1964) "The pure theory of international trade: a survey",

Economic Journal, pp. 1-84.

BHAGWATI, J. N. (1981): *International Trade: Selected Reading*, MIT Press, Cambridge, MA.

DORNBUSCH, R., S. FISHER y P. SAMUELSON (1977) "Comparative advantage, trade and payments in a Ricardian model", *American Economic Review*, pp. 823-839.

EMMANUEL, A. (1972): *El intercambio desigual*, Siglo XXI, Madrid.

GRILLI, E. Y M. YANG (1988): *Primary Commodity Prices, Manufactured Goods Prices, and the Terms of Trade of Developing Countries: What the Long Run Shows*, World Bank Economic Review, enero de 1988, pp. 1-47.

HARRIS, N. (1991). "Theories of Unequal Exchange", in *City, class and trade: social and economic change in the third World*. London, Tauris in assoc. with the developing Planning Unit Univ. College London. Pp. 173-183.

HEINTZ, J. (2003). *The new face of unequal exchange: low-wage manufacturing, commodity chains, and global inequality*, Political Economy Research Institute, Working Paper Series Vol. 59.

JONES, R. (1956) "Factor proportions and the Heckscher-Ohlin theorem", *Review of Economic Studies*, pp. 1-20.

JONES, R. (1965). "The structure of simple general equilibrium models", *Journal of Political Economy* 73, pp. 557-572.

JONES, R. (1971). "A three-factor model in theory, trade and history", in J. Bhagwati *Trade, balance of payments and growth*. Amsterdam, North-Holland, 1971 pp. 3-21.

KRUGMAN, P., AND OBSTFELD, N. (2001). *Economía Internacional: teoría y política*, 5ª ed. Pearson Educación S.A., Madrid.

MARTÍNEZ SOLER, F. (2002), *Macroeconomía de una Economía Abierta y Economía Internacional*, Vols. I y II, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería, Almería, España.

MUÑOZ CIDAD, C. y S. SOSVILLA RIVERO (1993) "La polémica sobre la evolución sobre la relación real de intercambio de los países subdesarrollados", *Revista de Economía Aplicada* 1, pp. 165-186.

NEGISHI, T. (1999) "Unequal exchange and exploitations", *The Japanese Economic Review* 2, pp. 113-121.

PREBISCH, R. (1950): *The Economic Development of Latin America and its Principal Problems*, United Nations, New York.

PREBISCH, R. (1959) "International Trade and Payments in an Era of Coexistence, Commercial Policy in the Underdeveloped Countries", *American Economic Review* 44, pp. 251-273.

PREBISCH, R. (1963): *Toward a Dynamic Development Policy for Latin America*, United Nations, New York.

SALVATORE, D. (1992): *Microeconomic Theory*, 3ª ed., McGraw Hill, New York.

SAMUELSON, P. (1971). "Ohlin was right", *Swedish Journal of Economics* 73, pp. 365-384.

SINGER, H. (1950) "The distribution of gains between investing and borrowing countries", *American Economic Review* 40, pp. 473-485.

INTERVENCIONES BREVES

EINSTEIN SOBRE SOCIALISMO

Nota introductoria de Francisco Fernández Buey

Albert Einstein publicó el artículo "¿Por qué el socialismo?" en el primer número de *Monthly Review*, que vio la luz, en Nueva York, en mayo de 1949. En este número inaugural de la revista el físico estaba bien acompañado: Paul M. Sweezy, Otto Nathan y Leo Huberman escribían, respectivamente, sobre la evolución reciente del capitalismo en América, la transición al socialismo en Polonia y el movimiento socialista en EE.UU. Sweezy y Huberman fueron miembros fundadores de *Monthly Review*; Nathan fue la persona que hizo las gestiones para obtener la colaboración de Einstein.

Otto Nathan (1893-1987), economista de la universidad de Nueva York, mantenía una estrecha relación con Einstein por lo menos desde 1934, fecha en la que habían colaborado en la campaña mundial a favor de la concesión del Premio Nobel de la Paz al pacifista Carl von Ossietzky. De ideas inequívocamente socialistas y antimilitaristas, como se puede comprobar por las notas que puso a su edición de los escritos de Einstein sobre la paz, Nathan iba a ser, con Helene Dukas, albacea testamentario del físico. En 1949 era ya el más íntimo de los amigos de Einstein (en <http://specialcollections.vassar.edu/einstein/correspondence.html> se puede ver la correspondencia cruzada entre los dos), de manera que podemos suponer que le costó poco trabajo convencerle para que escribiera en *Monthly Review*, revista a la que él mismo se consideraba vinculado, a pesar de que el físico amigo sólo había dedicado antes algunos párrafos ocasionales al asunto que había de tratar: el socialismo, así en general.

La aparición de *Monthly Review*, que se presentaba como publicación socialista independiente, provocó enseguida una investigación del FBI. En un informe secreto redactado unos meses después de que saliera aquel primer número, el FBI consideraba la revista como un órgano de expresión del comunismo organizado y a sus colaboradores, agentes del partido comunista norteamericano. El mismo Einstein estaba siendo investigado prácticamente desde su llegada a los EE.UU. por sus ideas libertarias y socialistas. Un poco antes de que apareciera su artículo sobre el socialismo, la revista *Life*, en la entrega del 4 de abril de 1949, se había hecho eco de las sospechas de la policía. Así que no es extraño que a partir de la aparición de "¿Por qué el socialismo?" el FBI multiplicara las investigaciones y los informes sobre el científico. De hecho, el Departamento de Estado norteamericano parece haber visto en el artículo de Einstein algo así como la confir-

mación de las sospechas del FBI.

Leído ahora, o sea, ateniéndose sólo al contenido del ensayo de Einstein, todo eso suena a paranoia. Y no hay duda de que investigaciones y sospechas son parte de la paranoia de aquella fase de la "guerra fría" que culminaría en la caza de brujas de la época del macartismo (a Nathan, por ejemplo, acabarían retirándole el pasaporte norteamericano). Pero "socialismo" en la paranoia de la época significaba casi exclusivamente prosovietismo. Y cuando se preparaba el primer número de *Monthly Review* la administración norteamericana estaba obsesionada con la posibilidad de que el gobierno de la URSS consiguiera hacerse con el secreto de la bomba atómica, lo que implicaba poner bajo sospecha a todo físico o amigo de físicos que hubiera hecho declaraciones a favor del socialismo.

Al reeditar, en el año 2000, aquel célebre artículo de Einstein, la redacción de *Monthly Review* lo ha acompañado con una nota en la que además de recordar esa historia de sospechas paranoicas, que hoy es bien conocida por la descalificación de los papeles del FBI, llama la atención acerca de algo que conviene tener en cuenta, a saber: que incluso después de que la revista *Time*, en 1999, proclamara a Einstein "personaje del siglo" aún se sigue tratando de ocultar o tergiversar las simpatías socialistas del científico. En unos casos, los menos, por el procedimiento de airear como verdad las sospechas paranoicas de los servicios secretos sobre el vínculo de Einstein con la Unión Soviética estalinista; y en otros casos, lo más, sugiriendo que en los asuntos socio-políticos Einstein era un ingenuo, sin pensamiento propio, que se dejó arrastrar por las "malas compañías" (entre ellas la de los editores de *Monthly Review*).

A todo eso, al presentar ahora "¿Por qué el socialismo?", habría que añadir algo que no debe pasar desapercibido: en la mayoría de las reediciones del artículo de Einstein, desde los años cincuenta del siglo pasado y en todas las traducciones que conozco, ha desaparecido su párrafo final, que era precisamente una manifestación de confianza en el papel de *servicio público* que, según Einstein, estaba llamada a jugar *Monthly Review* en 1949. Ese párrafo decía así: "Clarity about the aims and problems of socialism is of greatest significance in our age of transition. Since, under present circumstances, free and unhindered discussion of these problems has come under a powerful taboo, I consider the foundation of this magazine to be an important public service".

Hay unas cuantas cosas que un economista crítico apreciará hoy al leer o releer el texto de Albert Einstein "¿Por qué el socialismo?".

La primera es su prudencia sobre lo que la ciencia económica puede decir acerca del socialismo. Esta prudencia no es sólo *captatio benevolentiae* de un físico que empieza preguntando si alguien que, como él mismo, no es experto en cuestiones económicas y sociales puede opinar con conocimiento de causa sobre la necesidad del socialismo; y que sabe, además, que está dirigiéndose a lectores que tendrán mayormente formación económica. Es algo más que eso: es prudencia de un hombre que sabe lo que es el proceder científico propiamente dicho,

como se ve enseguida cuando, al contestar afirmativamente a aquella pregunta, argumenta sobre las diferencias metodológicas entre las ciencias de la naturaleza y la economía.

El segundo aspecto apreciable para un economista crítico, y para todo aquel que aprecie lo que en un tiempo se llamó "economía política", es la claridad con que Einstein expresa el fondo moral o ético que mueve la aspiración al socialismo, y que, por tanto, argumentar a favor del mismo no es sólo cosa de la ciencia o del análisis económico. Ahí Einstein refuerza la prudencia metodológica anterior: la ciencia no puede establecer fines sino sólo aportar medios para lograr fines socio-éticos. Razón por la cual hay que escapar a la infatuación científica y asumir que los especialistas no son los únicos con derecho a expresarse sobre cuestiones que atañen a la organización social. Afirmación que, viniendo de quien viene, y en tiempos en los que dominaba el positivismo, tiene doble mérito.

La tercera cosa que creo que hay que subrayar en "¿Por qué el socialismo?" es la orientación filosófico-antropológica de la argumentación, muy en consonancia con el talante ético de la aspiración al socialismo: la convicción de que el ser humano *es a la vez* un ser solitario y un ser social, que tiene que luchar permanente entre las pulsiones (egoísta y altruista) que de ahí se derivan, pero cuyas actitudes no están directamente determinadas sin más ni por la biología ni por el ambiente. Cierto: hay condiciones que no podemos modificar (y en esto la ciencia tendrá cosas que decir), pero no estamos condenados por la biología, ni tampoco por la anarquía económica que el capitalismo crea, a aceptar la competición permanente, la lógica del beneficio privado y el triunfo de las pulsiones egoístas.

Aún hay un último apunte en este artículo seguramente apreciable para todos, economistas críticos y personas sensibles. Es la sencillez con que Einstein, juntando la idea marxista clásica del valor-trabajo con el institucionalismo de Thorstein Veblen (el autor por quien más simpatía sintió en esa época), expone la necesidad del socialismo para salir de la crisis cultural o de civilización a la que el capitalismo ha conducido a la humanidad. Una sencillez que va unida a la claridad con que el físico distingue lo que puede ser el socialismo de lo que, a pesar de navegar con ese nombre, todavía no lo era.

De esas cuatro cosas, la última, la que responde al título del artículo, es hoy la más problemática. Y lo es, paradójicamente, por lo que ahora nos parece más obvio: porque no siempre se ha distinguido con la sencillez y claridad de Einstein entre lo transformable y *las condiciones que no podemos modificar* los humanos, y entre lo que puede ser el socialismo y lo que no es.

Einstein entiende aquí por socialismo una sociedad en la que se han socializado los medios de producción, con una economía planificada que ajusta la producción a las necesidades de la comunidad, redistribuye el trabajo para garantizar el sustento de todos y educa a los ciudadanos para promover sus capacidades naturales y sus responsabilidades cívicas. En sustancia: socialismo es lo que pensaron los clásicos del socialismo y lo que ha pensado que tiene que ser el socialismo la mayoría de la gente que aspira a ello. Pero Einstein, que ya había criticado con anterioridad el estalinismo y el sistema soviético, advierte a sus lecto-

res que una *economía planificada no es todavía socialismo*, que una economía planificada puede ir acompañada de la completa esclavitud del individuo. Por eso termina su artículo con preguntas, tan serias como simples, sobre la forma de evitar la burocratización, garantizar los derechos individuales y potenciar los contrapesos democráticos.

Tal vez no sea esto (prudencia metodológica, afirmación de la finalidad del socialismo como intención ética, atención a la antropología y distinción clara y sencilla entre lo que puede ser y lo que no puede ser) lo que espera el ideólogo del socialismo del discurso del científico. Pero una cosa me parece segura: cuando vuelva a hablarse de socialismo en serio mejor será partir de la punta libertaria que hay en Einstein que volver a hacer de la necesidad virtud para, en unos casos, perder la virtud y convertir en otros casos la necesidad en autoritarismo.

¿POR QUÉ EL SOCIALISMO?¹

Albert Einstein

¿Es aconsejable que una persona inexperta en temas económicos y sociales exprese sus puntos de vista acerca del socialismo? Por muchas razones creo que lo es.

En primer término, consideremos el problema desde el punto de vista del conocimiento científico. Podría parecer que no existieran diferencias metodológicas esenciales entre la astronomía y la economía: en ambos campos los científicos tratan de descubrir leyes de validez general por las que se puedan comprender las conexiones que existen dentro de un determinado grupo de fenómenos. Pero en realidad existen diferencias metodológicas. En el campo de la economía el descubrimiento de unas leyes generales está dificultado por el hecho de que los fenómenos económicos observados están a menudo bajo la influencia de muchos factores que resulta complejo evaluar por separado. Además, la experiencia acumulada desde el comienzo del llamado período civilizado de la historia humana se ha visto influenciada y limitada -como es bien sabido- por causas que no pueden definirse como exclusivamente económicas en su naturaleza. Por ejemplo: la mayoría de los estados más importantes de la historia debieron su existencia a un proceso de conquista. Los pueblos conquistadores se constituyeron a sí mismos, legal y económicamente, como una clase privilegiada dentro del país conquistado. Se apropiaron del monopolio de las tierras y establecieron un clero salido de su propias filas. Los sacerdotes, dueños del control de la educación, hicieron que la división de clases sociales se convirtiera en una institución permanente y crearon un sistema de valores que en adelante, y de manera hasta cierto punto inconsciente, delimitó el comportamiento social del pueblo.

Pero la tradición histórica data, por así decirlo, de ayer; en ningún momento hemos superado de verdad lo que Thorstein Veblen ha, llamado la "fase depredadora" del desarrollo humano. Los hechos económicos observables pertenecen a esa fase y las leyes que podamos deducir de ellos no son aplicables a otras fases. Dado que el verdadero objetivo del socialismo es, precisamente, superar y avanzar más allá de la fase depredadora del desarrollo humano, la ciencia de la economía, en su estado actual, puede arrojar muy poca luz sobre la sociedad socia-

¹ Publicado en *Monthly Review*, Mayo 1949.

lista del futuro.

En segundo término, el socialismo se encamina hacia un fin social y ético. La ciencia, a su vez, no puede crear fines y, mucho menos, inculcarlos en los seres humanos. A lo sumo la ciencia puede aportar los medios por los cuales se pueda acceder a ciertos fines. Pero los fines en sí mismos son concebidos por personalidades poseedoras de ideales éticos encumbrados y -si esos fines no son endeblés sino vitales y vigorosos- son adoptados y servidos por la masas de seres humanos que, de manera semi-inconsciente, determinan la lenta evolución de la sociedad.

Por estas razones tendremos que guardarnos muy bien de otorgar excesiva validez a la ciencia y a los métodos científicos cuando están en juego problemas humanos. Y no habrá que suponer que los expertos son los únicos que tienen derecho a expresar sus criterios sobre problemas que afectan a la organización de la sociedad.

Muchas son las voces que desde hace cierto tiempo se alzan para decir que la sociedad humana atraviesa una crisis, que su estabilidad está seriamente quebrantada. Una característica de esta situación es que los individuos se sienten indiferentes y aun hostiles ante el grupo al que pertenecen, por grande o pequeño que sea. A fin de ilustrar este concepto, quiero traer a colación una experiencia personal. Hace poco tiempo, discutía yo con un hombre inteligente y bien dispuesto la amenaza de una nueva guerra, que en mi opinión pondría en serio peligro la existencia de la humanidad. Al respecto, señalé que sólo una organización supranacional podría ofrecer una protección adecuada ante ese peligro. Después de escucharme, mi visitante, con toda calma y frialdad, me dijo: "qué se opone usted con tanto empeño a la desaparición de la raza humana?".

Estoy seguro de que hace un siglo nadie hubiera formulado con tal ligereza una pregunta así. En ella está implícito el juicio de un hombre que ha luchado en vano para lograr un equilibrio dentro de sí mismo y, poco más o menos, ha perdido toda esperanza de lograrlo. Se trata de la expresión del duro aislamiento y soledad que acosan a mucha gente en estos días. ¿Cuál es la causa? ¿Hay alguna vía de escape?

Es fácil plantear estas preguntas, pero muy difícil responder a ellas con cierta seguridad. No obstante, en la medida de mis posibilidades, debo tratar de hacerlo, aun cuando soy muy consciente de que nuestros sentimientos y nuestra lucha son a menudo contradictorios y oscuros y de que no pueden ser expresados mediante fórmulas sencillas y fáciles.

A un mismo tiempo, el hombre es una criatura solitaria y social. Como ser solitario trata de proteger su propia existencia y la de aquellos que están más cercanos a él, intenta satisfacer sus deseos personales y desarrollar sus habilidades innatas. Como ser social busca el reconocimiento y el afecto de sus congéneres, quiere compartir sus placeres, confortar a los demás en sus penurias y mejorar las condiciones de vida de los otros. Sólo la existencia de estos esfuerzos diversos, y a menudo contradictorios, da razón del carácter especial de un hombre, y la forma concreta de esos intentos determina el punto hasta el cual un individuo puede lograr su equilibrio interior y la medida en que será capaz de contribuir al

bienestar de la sociedad. Es muy posible que la fuerza relativa de esos dos impulsos esté, en lo primordial, fijada por la herencia. Pero la personalidad que, por último, ha de imponerse está formada, en su mayor parte, por el entorno en el que el hombre se ha encontrado en el momento de su desarrollo, por las estructuras de la sociedad en la que se desenvuelve, por las tradiciones de esa sociedad y por su valoración de unos tipos particulares de comportamiento. Para el ser humano individual, el concepto abstracto de "sociedad" significa la suma total de sus relaciones directas e indirectas con sus contemporáneos y con todos los integrantes de las generaciones anteriores. El individuo está en condiciones de pensar, sentir, luchar y trabajar por sí mismo; pero, en su existencia física, intelectual y emocional, depende tanto de la sociedad que es imposible pensar en él o comprenderle fuera del mareo de aquélla. La "sociedad" abastece al hombre de su comida, su vestido, un hogar, las herramientas de trabajo, el lenguaje, las formas de pensamiento y la mayor parte de los contenidos del pensamiento; la vida del hombre es posible a través del trabajo y de los logros de muchos millones de personas del pasado y del presente, ocultas en la simple palabra "sociedad".

Por lo tanto, resulta evidente que la dependencia del individuo ante la sociedad es un hecho de la naturaleza que no puede ser abolido, tal como en el caso de las hormigas y de las abejas. Sin embargo, en tanto que todo el proceso vital de las hormigas y de las abejas está determinado, hasta en sus mínimos detalles, por rígidos instintos hereditarios, la estructura social y las interrelaciones de los seres humanos son muy variables y susceptibles de cambio. La memoria, la capacidad de hacer nuevas combinaciones, el don de la comunicación oral han abierto, entre los seres humanos, la posibilidad de ciertos desarrollos que no están dictados por necesidades biológicas. Estos desarrollos se manifiestan a través de las tradiciones, las instituciones y las organizaciones, en la literatura, en la ciencia y en los logros de la ingeniería, en las obras de arte. Esto explica que, en cierto sentido, el hombre sea capaz de influir en su vida a través de su propia conducta y que jueguen un papel en este proceso el pensamiento y el deseo conscientes.

En el momento de nacer, a través de la herencia, el hombre adquiere una constitución biológica que podemos considerar fija e inalterable, en la que están incluidos los impulsos naturales que son característicos de la especie humana. Junto a esto, a lo largo de su vida, el ser humano adquiere una constitución cultural que obtiene de la sociedad mediante la comunicación y muchos otros tipos de influencias. Con el correr del tiempo, esta constitución cultural está sujeta a cambio y determina, en amplia medida, la relación entre individuo y sociedad. A través de la investigación comparativa de las llamadas culturas primitivas, la antropología moderna nos ha enseñado que el comportamiento social de los seres humanos puede diferenciarse pro fundamente, de acuerdo con los esquemas culturales y los tipos de organización que predominen en la sociedad. En esto han fijado sus esperanzas quienes luchan para mejorar el destino del hombre: los seres humanos no están condenados por su constitución biológica a aniquilarse los unos a los otros ni a ser presa de un hado cruel fabricado por ellos mismos.

Si nos preguntamos cómo se puede cambiar la estructura de la sociedad y la

actitud cultural del hombre para hacer que la vida humana sea lo más satisfactoria posible, tendremos que tener en cuenta en todo momento que existen ciertas condiciones que somos incapaces de modificar. Como ya hemos visto, la naturaleza biológica del hombre, en un sentido práctico, no está sujeta a cambio. Además, los desarrollos tecnológicos y demográficos de los últimos siglos han creado condiciones que perdurarán. En núcleos de población relativamente densos, en los cuales los bienes de consumo son indispensables para una existencia continuada, se hace por completo necesaria una total división del trabajo y un aparato productivo centralizado por entero. Aunque al mirar hacia atrás parezca tan idílico, ha desaparecido para siempre el tiempo en el que los individuos o unos grupos pequeños podían aspirar al auto-abastecimiento completo. Apenas si se exagerará al decir que la humanidad constituye hoy una comunidad planetaria de producción y consumo.

En este punto de mi exposición, debo indicar, en forma breve, lo que para mí constituye la esencia de la crisis de nuestro tiempo. La cuestión reside en la relación entre el individuo y la sociedad. El individuo ha tomado conciencia, más que nunca, de su situación de dependencia ante la sociedad. Pero no considera que esa dependencia sea un hecho positivo, un nexo orgánico, una fuerza protectora, sino que la ve como una amenaza a sus derechos naturales e incluso a su existencia económica. Por otra parte, su posición dentro de la sociedad hace que sus impulsos egoístas se vayan acentuando de manera constante, mientras que sus impulsos sociales -que son más débiles por naturaleza- se vayan deteriorando progresivamente. Sea cual fuere su posición en la sociedad, todos los seres humanos sufren este proceso de deterioro. Prisioneros de su propio egoísmo sin saberlo, se sienten inseguros, solitarios y despojados del goce ingenuo, simple y directo de la vida. El hombre ha de hallar el significado de su vida -por estrecho y peligroso que sea- sólo a través de una entrega de sí mismo a la sociedad.

La anarquía económica de la sociedad capitalista tal como existe hoy es, en mi opinión, la verdadera fuente de todos los males. Vemos alzarse ante nosotros una inmensa comunidad de productores, cuyos miembros luchan sin cesar para despojarse unos a otros de los frutos del trabajo colectivo, no ya por la fuerza, sino con el apoyo total de unas reglas legalmente establecidas. En este plano, es importante comprender que los medios de producción (es decir, toda la capacidad productiva que se necesita para producir tanto bienes de consumo como bienes de inversión) pueden ser, en forma legal - y de hecho en su mayoría lo son-, de propiedad privada de ciertos individuos.

En bien de la simplicidad, en la exposición que sigue utilizaré el vocablo "trabajador" para designar a quienes no comparten la propiedad de los medios de producción, aunque esto no corresponda con el uso habitual del término. El propietario de los medios de producción está en condiciones de comprar la capacidad laboral del trabajador. Mediante el uso de los medios de producción, el trabajador produce nuevos bienes que se convierten en propiedad del capitalista. El punto esencial de este proceso es la relación existente entre lo que el trabajador produce y lo que recibe como paga, ambos elementos medidos en términos de su

valor real. En la medida en que el contrato laboral es "libre", lo que el trabajador recibe está determinado no por el valor real de los bienes que produce, sino por sus necesidades mínimas y por la cantidad de mano de obra solicitada por el sistema en relación con el número de trabajadores que compiten por un puesto de trabajo. Es importante comprender que, incluso en teoría, la paga del trabajador no está determinada por el valor de su producto.

El capital privado tiende a concentrarse en unas pocas manos, en parte a causa de la competencia entre los capitalistas y en parte a causa del desarrollo tecnológico y de la creciente división de la clase obrera, hechos que determinan la formación de unidades mayores de producción, en detrimento de las unidades menores. El resultado es una oligarquía del capital privado, cuyo enorme poder no puede ser eficazmente controlado ni siquiera por una sociedad política organizada según principios democráticos. Esto es así porque los miembros de los cuerpos legislativos son seleccionados por los partidos políticos, que reciben fuertes influencias y amplia financiación de los capitales privados que, en la práctica, separan al electorado de la legislatura. La consecuencia es que los representantes del pueblo no protegen con la debida eficacia y en la medida suficiente los intereses de los sectores menos privilegiados de la población. En las circunstancias actuales, además, los capitales privados controlan, inevitablemente, en forma directa o indirecta, las principales fuentes de información (prensa, radio, educación). De modo que es muy difícil, e incluso en la mayoría de casos casi imposible, que el ciudadano llegue a conclusiones objetivas y pueda hacer un uso inteligente de sus derechos políticos.

La situación predominante en una economía basada en la propiedad privada del capital se caracteriza por dos principios básicos: primero, los medios de producción (el capital) son propiedad privada y sus propietarios disponen de ellos como juzguen conveniente; segundo, el contrato laboral es libre. Desde luego que no existe una sociedad capitalista pura, en este sentido. En particular, notemos que los trabajadores, mediante largas y acerbadas luchas políticas, han logrado obtener una cierta mejoría del "contrato laboral libre" para ciertas categorías de trabajadores. Pero considerada en su conjunto, la economía del presente no difiere demasiado del capitalismo "puro".

El objetivo de la producción es el beneficio, no su consumo. No se prevé que todos aquellos que sean capaces de trabajar y quieran hacerlo tengan siempre la posibilidad de conseguir un empleo; casi siempre existe, en cambio, un "ejército de parados". El trabajador se ve acosado por el temor constante de perder su plaza. Dado que los trabajadores sin trabajo y mal pagados no dan lugar a un mercado lucrativo, la producción de bienes de consumo se reduce con sus duras consecuencias. El progreso tecnológico a menudo desencadena mayor proporción de paro, en lugar de aliviar la carga laboral para todos. El interés por el lucro, conjugado con la competencia entre los capitalistas, es responsable de la inestabilidad del ritmo de acumulación y utilización del capital, que conduce a severas y crecientes depresiones. La competencia ilimitada conduce a un derroche de trabajo y a amputar la conciencia social de los individuos, fenómeno del que ya he

hablado antes.

Creo que el peor daño que ocasiona el capitalismo es el deterioro de los individuos. Todo nuestro sistema educativo se ve perjudicado por ello. Se inculca en los estudiantes una actitud competitiva exagerada; se los entrena en el culto al éxito adquisitivo como preparación para su futura carrera.

Estoy convencido de que existe un único camino para eliminar estos graves males, que pasa por el establecimiento de una economía socialista, acompañada por un sistema educativo que esté orientado hacia objetivos sociales. Dentro de ese sistema económico, los medios de producción serán propiedad del grupo social y se utilizarán según un plan. Una economía planificada que regule la producción de acuerdo con las necesidades de la comunidad, distribuirá el trabajo que deba realizarse entre todos aquellos capaces de ejecutarlo y garantizará la subsistencia a toda persona, ya sea hombre, mujer o niño. La educación de los individuos, además de promover sus propias habilidades innatas, tratará de desarrollar en ellos un sentido de responsabilidad ante sus congéneres, en lugar de preconizar la glorificación del poder y del éxito, como ocurre en nuestra actual sociedad.

De todas maneras, hay que recordar que una economía planificada no es todavía el socialismo. Una economía planificada podría ir unida a la esclavización completa de la persona. La realización del socialismo exige resolver unos problemas socio-políticos de gran dificultad: dada la centralización fundamental del poder político y económico ¿cómo se podrá impedir que la burocracia se convierta en una entidad omnipotente y arrogante? ¿Cómo se pueden proteger los derechos del individuo para así asegurar un contrapeso democrático que equilibre el poder de la burocracia?

La claridad sobre los objetivos y problemas del socialismo es de la mayor importancia en nuestra época de transición. Como, bajo las actuales circunstancias, la discusión libre y sin trabas de estos problemas se ha convertido en un poderoso tabú, considero que la creación de esta revista supone un importante servicio público.

RESEÑA DE LIBROS

RESEÑA DE LIBROS

ÓSCAR CARPINTERO, EL METABOLISMO DE LA ECONOMÍA ESPAÑOLA. RECURSOS NATURALES Y HUELLA ECOLÓGICA (1955-2000). Fundación César Manrique, Teguiise (Lanzarote), 2005; 636 págs.

¿En qué se sustenta el crecimiento de la economía española en el último medio siglo? ¿Cuál es la composición física de la economía y de dónde provienen los materiales? ¿Con qué respaldo tangible cuentan los activos monetarios de nuestra economía? ¿Hasta dónde se puede extender este modo de producir y consumir?

Óscar Carpintero, profesor de la Universidad de Valladolid, ha abordado éstas y otras cuestiones relacionadas en un denso libro que recoge los resultados de varios años de trabajo, principalmente dedicados a la realización de su tesis doctoral, base de la publicación que aquí reseñamos.

El ambicioso objeto de la investigación es la cuantificación y el análisis de los flujos de energía y materiales que ha trasegado el sistema de producción y consumo del Estado español en el último medio siglo. Esta aproximación a lo que algunos autores han llamado el metabolismo social, supone una tarea llena de escollos, algunos de ellos conceptuales, pero sobre todo, derivados de la escasa disponibilidad de información. El Dr. Carpintero no se ha arredrado y, gracias a su esfuerzo (y si se me permite, su osadía), ha conseguido unos resultados destinados a convertirse, en lo sucesivo, en referencia obligada y punto de partida para futuros perfeccionamientos metodológicos.

En el estado actual del arte, el resultado no pasa –no puede pasar– de ser un primer esbozo de lo que ocurre en términos físicos en la economía. Sin embargo, incluso a este nivel, resulta un instrumento de gran utilidad para complementar las visiones parciales del análisis económico tradicional. Como argumenta el propio autor, su investigación versa, entre otras cosas, sobre ese más del 50% residual, que las estimaciones usuales de la función de producción –que ignoran la aportación de la naturaleza– atribuyen olímpicamente al progreso tecnológico.

No menos relevantes son las consecuencias que se derivan del estudio en lo relativo a la sostenibilidad del modelo español. La dependencia creciente de nuestra economía de los recursos naturales (incluida la dimensión territorial) no solo desmiente cualquier tendencia a una posible "desmaterialización", sino que además evidencia la urgente necesidad de corregir la deriva actual en la insostenibilidad.

En las últimas décadas se ha ido consolidando una corriente que, bajo el nombre genérico de Ecología Industrial, propugna una aproximación a la ecología en el análisis y la gestión de los sistemas industriales. En sus aspectos más aplicados destacan propuestas como las del eco-diseño, factor cuatro (o 10, o 20), emisión cero, funcionalización de la economía, etc. que implican una revisión a fondo de los productos y de los sistemas de producción y consumo en general.

Todo ello basado en el análisis de las relaciones con los ecosistemas terrestres de los productos a lo largo de su ciclo completo de vida, de una parte, y de otra, en la propuesta (normativa) de imitar a la naturaleza en el diseño de los sistemas de producción y consumo.

En ese contexto se han desarrollado nuevos instrumentos que permiten identificar las variables fundamentales a una escala macro y analizar su comportamiento con el fin de llevar a cabo esa aproximación de la industria a la ecología. Para ello es necesario conocer qué materiales se movilizan y en qué cuantía; cuál es la energía empleada en su movilización y transformación; y, qué ocurre con todo ello durante las fases de producción, consumo y postconsumo. Por otra parte, en la medida en que se crean y utilizan sustancias artificiales, hay que analizar cómo éstas se descomponen y reintegran en los ciclos naturales. Todo ello, claro está, en relación con la satisfacción de las necesidades de la población humana.

Esta apropiación de materiales y energía que realizan las sociedades humanas para mantenerse y crecer colectivamente se ha denominado, utilizando un símil organicista, metabolismo social. Como es sabido el metabolismo de los organismos vivos es el proceso que les permite organizar materiales tomados del ambiente con la finalidad de crecer, mantenerse y reproducirse, expulsando de nuevo al ambiente, en forma de desecho, los que resultan inútiles a tales fines, así como la energía degradada.

En el caso de la investigación que comentamos la atención se ha focalizado en la parte correspondiente a la movilización y transformación de materiales y energía, dejando para una fase posterior el análisis de los residuos, que más allá de otros problemas metodológicos, tropieza con la dificultad añadida del carácter tóxico de muchos de ellos, lo cual invalida una mera aproximación cuantitativa. Sin embargo, sí se han tenido en cuenta otros aspectos que complementan el estudio. Por una parte se ha realizado un análisis de la dimensión territorial del desarrollo español adaptando el enfoque de huella ecológica de Rees y Wackernagel, que resulta tanto más interesante en cuanto que pone de relieve la importancia de los límites físicos – la superficie de tierra fértil – para la perpetuación del modelo. Por otra parte, en los últimos capítulos se enlaza el análisis del metabolismo económico con los estudios monetarios al uso, para ofrecer una interpretación alternativa del comercio exterior y de los aspectos financieros de la economía.

El libro de Carpintero tiene dos partes claramente diferenciadas, que hasta cierto punto pueden ser leídas de manera autónoma. La primera de ellas es un exhaustivo repaso del desarrollo conceptual de los aspectos macro de la ecología industrial en los últimos años. En razón del objeto de la investigación, las referencias preferidas giran en torno a los trabajos realizados por investigadores del Wuppertal Institut für Klima und Umwelt (Bringezu, Schmidt-Bleek) y del Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung (especialmente Marina Fischer-Kowalski), que desarrollan buena parte de los métodos empleados posteriormente. El autor realiza además un profundo ejercicio de contextualización de

su trabajo, sintetizando las aportaciones de los padres y otros ancestros de la economía ecológica y de la ecología industrial. Se trata básicamente de acotar el concepto de requerimiento total de materiales (RTM) que genera la economía y que, a grandes rasgos, se puede separar en flujos directos (los que normalmente contabiliza la economía tradicional) y los flujos ocultos (aquellos que resultan invisibles para la misma), que gráficamente se han denominado "mochila ecológica". Estos últimos responden a la movilización de materiales que no entran en el sistema económico, como por ejemplo la ganga de los minerales, los movimientos de tierras para la construcción de infraestructuras, etc.

En la segunda parte, se presenta el análisis de la evolución de la economía española aplicando el enfoque anteriormente expuesto. El autor, utilizando fuentes estadísticas existentes y una cuidadosa metodología de aproximación, detallada en anexo, compone un amplio panorama de la economía española centrado en su dimensión física, en un período en que –en sus propias palabras- la economía española ha pasado de apoyarse mayoritariamente en flujos de recursos renovables (biomasa agrícola, forestal, ...) para satisfacer su modo de producción y consumo [...], a potenciar posteriormente la extracción masiva de materias primas procedentes de la corteza terrestre y que por ello tienen un carácter netamente agotable.

Este tránsito de la economía española hacia la *Raubwirtschaft* (concepto acuñado por Ernst Friedrich en el s.XIX y que se puede traducir por economía depredadora o de rapiña) es descrito benévolamente por Oscar Carpintero como paso de una economía de "producción" a una economía de "adquisición", lo cual no quita un ápice a la claridad y radicalidad a las conclusiones de sus análisis. Porque –y este me parece uno de los logros más destacados de este libro- al exhaustivo (y árido) ejercicio de contabilidad se sobrepone siempre la brillantez del análisis y la perspicacia en la interpretación de las consecuencias políticas.

Francesc La-Roca
Universitat de València

NORMAS DE PUBLICACIÓN

1. La Revista de Economía Crítica publicará colaboraciones originales que no hayan sido publicadas con anterioridad. Podrán ser presentadas en cualquiera de las lenguas peninsulares.

2. Los "artículos" deberán enviarse por duplicado, con una copia en soporte de papel y otra en soporte magnético, a Revista de Economía Crítica, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Avda. Valle Esgueva, 47011. Valladolid. En la copia de papel el texto se presentará a doble espacio, con letra Arial nº 12 (2.100 caracteres por página) y con un máximo de 30 páginas (incluyendo todos los extremos del mismo). La versión electrónica se presentará en Word para Windows.

3. Los artículos enviados deberán identificarse con un título representativo del contenido del mismo, con la mención del autor o autores: nombre, apellidos y filiación institucional o lugar de trabajo; con un resumen en el idioma original del trabajo y otro en inglés que precederán al mismo; con la colocación de las palabras clave representativas del contenido del artículo; y con la indicación de la fecha de finalización del trabajo.

4. La Revista de Economía Crítica utiliza para la aceptación de originales un sistema de evaluación anónima y externa, asegurando el anonimato de los autores. El sistema de evaluación empleado es el de "doble ciego". El Consejo de Redacción tendrá informados a los autores de los artículos de todas las incidencias relacionadas con el proceso de evaluación, que se realizará en el menor tiempo posible, con un plazo máximo de cuatro meses.

5. Los cuadros, gráficos, tablas y mapas que se incluyan deberán integrarse en el texto, debidamente ordenados por tipos, con identificación de sus fuentes de procedencia. Sus títulos serán apropiados y expresivos del contenido. Todos ellos deberán enviarse, además, de forma independiente en formato RTF. En los gráficos deberán adjuntarse los ficheros con los datos de base. Para los decimales se usará siempre la "coma". Se usarán siempre dos decimales.

6. Las fórmulas matemáticas se numerarán cuando el autor lo considere oportuno, con números arábigos, entre corchetes a la derecha de las mismas.

7. Las notas a pie de página se utilizarán excepcionalmente. Deberán ir numeradas correlativamente con números arábigos volados y se colocarán a pie de página.

8. Las referencias bibliográficas se incluirán en el texto con un paréntesis indicando el nombre del autor, fecha de publicación (distinguiendo a, b, c, etc. en orden correlativo desde la más antigua a la más reciente para el caso de que el mismo autor tenga más de una obra citada el mismo año) y página en caso de citas entrecorilladas.

9. Al final del trabajo se incluirá una referencia bibliográfica completa, siguiendo el orden alfabético por autores y con las siguientes formas: Apellidos. Coma. Iniciales del nombre. Año de publicación entre paréntesis. Dos puntos. Título del artículo entre comillas y del libro en cursiva. Coma. Editorial. Coma. Lugar de publicación. Coma. Páginas que comprende, en caso de ser artículo o capítulo de libro. Coma. Fecha de la primera edición, si procede, entre paréntesis.

10. Las "intervenciones breves" tendrán un máximo de 6 páginas y su carácter será el de estimular los debates sobre asuntos socioeconómicos. Se enviarán de la misma forma que los "artículos". Su encabezamiento contendrá el título, nombre y apellidos del autor o autores y filiación institucional o lugar de trabajo.

11. Las "reseñas de libros" tendrán un máximo de 4 páginas y se enviarán de la misma forma que los "artículos". Al principio de cada reseña deberá indicarse, a modo de título, apellidos y nombre de los autores del libro, título de la obra, editorial, lugar y año de publicación y número de páginas. Al final del texto se consignará el nombre y la adscripción institucional del autor de la reseña. Se incluirá, en archivo independiente, la imagen escaneada de la portada del libro reseñado.

12. La Secretaría de la revista acusará puntualmente recibo de la recepción de todo tipo de originales.