



El sistema tributario, la innovación y el medio ambiente



OECD Green Growth Strategy

El sistema tributario, la innovación y el medio ambiente



Con la revisión técnica de:



THOMSON REUTERS
DOFISCAL



UNIVERSIDAD
PANAMERICANA

Este trabajo se publica bajo la responsabilidad del Secretario General. Las opiniones e interpretaciones que figuran en esta publicación no reflejan necesariamente el parecer oficial de la OCDE o de los gobiernos de sus países miembros.

Tanto este documento como cualquier mapa que se incluya en él no conllevan perjuicio alguno respecto al estatus o la soberanía de cualquier territorio, a la delimitación de fronteras y límites internacionales, ni al nombre de cualquier territorio, ciudad o área.

ISBN 978-607-9217-19-8 (impreso)
ISBN 978-607-9217-13-6 (PDF)

La OCDE agradece al
Foro Consultivo Científico y Tecnológico
y a la **Dirección de Ciencia, Tecnología e Industria de la OCDE**
haber hecho posible la publicación de este estudio en español.

La impresión de esta obra se realizó gracias al financiamiento brindado por el
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

La OCDE agradece a **Dofiscal-Thomson Reuters** y a la **Universidad Panamericana**
la revisión técnica del texto en español de esta obra

Los datos estadísticos para Israel son suministrados por y bajo la responsabilidad de las autoridades israelíes competentes. El uso de estos datos por la OCDE es sin perjuicio del estatuto de los Altos del Golán, Jerusalén Este y los asentamientos israelíes en Cisjordania bajo los términos del derecho internacional.

Traducción: TRADUKO

Edición: Alejandro González Luna

Revisión técnica: Lic. Emilio Velasco Gaytán (Dofiscal-Thomson Reuters)
y C.P. y M.I. Olga Leticia Ávila Sandoval (Universidad Panamericana)

Coordinación editorial: Centro de la OCDE en México para América Latina
y Foro Consultivo Científico y Tecnológico

Publicado originalmente por la OCDE en inglés y en francés con los títulos:
Taxation, Innovation and the Environment / La fiscalité, l'innovation et l'environnement

© OCDE 2010. Todos los derechos reservados.

© Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C., México, 2012, para la presente edición en español.

Publicado por acuerdo con la OCDE, París.

Las erratas de las publicaciones de la OCDE se encuentran en línea en www.oecd.org/publishing/corrigenda.

La calidad de la traducción al español y su correspondencia con el texto original es responsabilidad del Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C., México.

Usted puede copiar, descargar o imprimir los contenidos de la OCDE para su propio uso y puede incluir extractos de publicaciones, bases de datos y productos de multimedia en sus propios documentos, presentaciones, blogs, sitios web y materiales docentes, siempre y cuando se dé el adecuado reconocimiento a la OCDE y al Foro Consultivo Científico y Tecnológico como fuentes y se les reconozca como propietarios del derecho de autor. Queda prohibida la reproducción total o parcial para uso público o comercial sin la autorización escrita del editor.

Presentación

De acuerdo con información de la propia Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), la recaudación de impuestos verdes representó, entre 1994 y 2007, alrededor de 7% de los ingresos tributarios totales de los 34 países que la integran.

El principal objetivo de este tipo de gravámenes es reducir el daño al ambiente y paliar los efectos de la contaminación, además de impulsar la innovación en tecnologías y procesos ambientalmente más eficientes. Como ha mencionado Angel Gurría, secretario general de la OCDE, de continuar el desarrollo de las naciones como hasta el momento “podría dar como resultado una mayor escasez de agua, agotamiento de recursos, contaminación del aire y del agua, cambio climático y una pérdida de biodiversidad que podría ser irreversible”.

Los desafíos que enfrentan los Estados no son menores. Si bien se habla principalmente de los problemas que se enfrentan en las áreas urbanas, el tema tiene la misma importancia en las zonas rurales, en especial por el uso indiscriminado de fertilizantes. De ahí la importancia de contar con estrategias integrales que, además de involucrar a los sectores sociales, políticos, científicos y productivos, permitan el debate y la difusión de la información respecto de este tema.

La publicación del libro *El sistema tributario, la innovación y el medio ambiente*, coeditado por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, contribuye a esta discusión.

En este volumen se presentan los resultados de las reuniones que realizaron expertos tributarios y ambientales, bajo el Comité de Asuntos Fiscales y el Comité de Política Ambiental de la OCDE, enriquecidos con estudios de casos específicos. Uno de los temas a destacar es el de las innovaciones, puesto que si no hay los suficientes incentivos para generarlas tampoco los habrá para implementarlas. De ahí la importancia de diseñar y poner en marcha políticas adecuadas para hacer frente a los retos ambientales.

En los cinco capítulos que integran el libro se abordan, entre otros, los temas de la innovación y los resultados ambientales eficientes a bajo costo que generan; la intersección entre impuestos, innovación y medio ambiente; impuestos aplicados a contaminantes específicos; su efectividad en la innovación; la medición de ésta; la adopción y transferencia de la innovación relacionada con el medio ambiente; consideraciones para el diseño de impuestos y otros instrumentos tributarios; las condiciones para desarrollar un sistema tributario relacionado con el medio ambiente, y una discusión sobre si los impuestos ambientales por sí mismos son la solución.

Al ser la innovación uno de los temas centrales en el libro, se plantea que una forma de medir cuánto ha avanzado ésta en materia ambiental tiene que ver con el número de patentes. En este sentido, se señala que: “Las patentes son una medición valiosa para los investigadores, ya que identifican específicamente la generación de conocimiento para una innovación, el momento en que se creó y quién fue su creador”.

Se plantea también que las innovaciones creadas en materia ambiental incluyen productos nuevos y técnicas de producción mejoradas, pero el impacto que éstas tengan dependerá de los instrumentos elegidos para estimular su introducción. “Establecer simplemente un impuesto relacionado con el medio ambiente no garantiza el éxito; la visibilidad del impuesto y el modo en que se implemente afectan crucialmente el resultado.”

Por lo tanto, los impuestos ambientales deberían desempeñar un papel central en los enfoques a la política ambiental de los países, pero los impuestos por sí mismos tal vez no sean suficientes para responder a algunos retos de su implementación.

En México se ha trabajado en el impulso a los impuestos verdes; sin embargo, de acuerdo con la OCDE, es el país que tiene los precios más bajos para los combustibles automotrices, lo que fomenta el derroche y la ineficiencia, y, por supuesto, las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, es el único país que prácticamente no aplica ningún impuesto como instrumento económico de política ambiental, a pesar de tener la recaudación fiscal más baja con respecto al PIB (menos de 10%).

Este tomo se suma a los esfuerzos para que quienes se dedican a estos temas conozcan la información más reciente generada al respecto, así como experiencias internacionales que puedan servir como antecedentes o bases para la preparación de la reforma tributaria respecto al tema ambiental, tan necesaria en este país.

Dra. Gabriela Dutrénit Bielous

Coordinadora General del Foro Consultivo Científico y Tecnológico

Prólogo

Los retos ambientales que se presentan actualmente requieren el esfuerzo de los ciudadanos, las empresas y los gobiernos para impulsar la disminución de la contaminación y la degradación ambiental, así como cambiar los patrones existentes de la oferta y la demanda. El objetivo de la Estrategia de Crecimiento Verde de la OCDE (Green Growth Strategy) (www.oecd.org/greengrowth) es informar sobre el debate y apoyar los esfuerzos del gobierno para el desarrollo de políticas ambientales y económicas que se fortalezcan mutuamente, al mostrar que lo “verde” y el “crecimiento” son compatibles.

Los impuestos relacionados con el medio ambiente pueden lograr efectivamente muchos objetivos ambientales, y su uso se extiende dentro de los países de la OCDE. Sin embargo, para alcanzar los objetivos ambientales al menor costo, debemos obtener tecnologías y conocimientos más avanzados que los actuales: la innovación es crítica para esto. El proyecto que dio como resultado este informe explora los beneficios de los impuestos ambientales, que se acumularán cuando los elevados costos de la contaminación vuelvan atractiva la inversión en el desarrollo de las nuevas tecnologías verdes. Se han preparado diversos estudios de caso, algunos investigan el papel que desempeña el diseño de los impuestos ambientales y otros analizan el modo en que pueden impulsar la innovación.

En este volumen puede observarse que un sistema tributario relacionado con el medio ambiente induce efectivamente a la innovación, y las empresas responden de manera positiva a las señales del mercado (desarrollando productos nuevos, creando nuevos medios para neutralizar los contaminantes y modificando las prácticas de producción para hacerlas más limpias). Con el fin de aportar el rango más amplio posible de innovaciones, los impuestos ambientales deben diseñarse adecuadamente y deben ser predecibles para aportar a las empresas la confianza de que las tecnologías limpias desarrolladas por ellas hoy tendrán un mercado en el futuro.

Angel Gurría
Secretario General

Agradecimientos

Este libro es fruto de las Reuniones Conjuntas de Expertos Tributarios y Ambientales, un grupo bajo el Comité de Asuntos Fiscales y el Comité de Política Ambiental de la OCDE. Se presentaron las versiones preliminares de esta publicación a este grupo, y los participantes proporcionaron una guía, comentarios y sugerencias de gran valor.

Los estudios de caso —desarrollados en profundidad para investigar la eficacia de los impuestos ambientales que pueden inducir distintos tipos de innovación— proporcionaron la base de esta publicación. Estos estudios de caso fueron realizados por varios expertos externos, cuyo trabajo aportó conclusiones esclarecedoras. Los resúmenes de dichos estudios de caso se proporcionan en la segunda mitad de este libro. Esta publicación fue elaborada por Michael Ash, asignada a la OCDE por parte del Gobierno de Canadá, en estrecha cooperación con Nils Axel Braathen, Nick Johnstone, Ivaň Hašcic y Anthony Cox, del Directorado Ambiental de la OCDE, y con Jens Lundsgaard y Stephen Matthews, del Centro de Administración y de Políticas Fiscales de la OCDE.

Índice

Abreviaturas	13
Resumen ejecutivo	15
Capítulo 1. Introducción	23
1.1. La doble falla del mercado: la escasez de innovación y el exceso de contaminación 24	
1.2. La innovación y los resultados ambientales eficientes a bajo costo	29
1.3. La intersección entre el sistema tributario, la innovación y el medio ambiente	34
Notas.....	36
Referencias	36
Capítulo 2. El uso actual de los impuestos relacionados con el medio ambiente	39
2.1. Los ingresos a partir de los impuestos ambientales en distintos países	40
2.2. Impuestos aplicados a contaminantes específicos	44
2.3. Exenciones y reducciones sobre los impuestos relacionados con el medio ambiente	63
2.4. Permisos negociables	69
2.5. Conclusiones	70
Notas	72
Referencias	73
Capítulo 3. Eficacia de los impuestos relacionados con el medio ambiente sobre la innovación	75
3.1. Medición de la innovación	76
3.2. Identificación de los beneficios y las desventajas de la innovación	83
3.3. Estudios de caso de sistemas tributarios relacionados con el medio ambiente y el incentivo para la innovación	85
3.4. Los impuestos relacionados con el medio ambiente y los diferentes tipos de innovación	94
3.5. Grado de innovación: tecnologías incrementales versus tecnologías radicales	97
3.6. Limitaciones a la innovación en respuesta a los impuestos relacionados con el medio ambiente	99
3.7. La adopción y transferencia de la innovación relacionadas con el medio ambiente	103
3.8. Conclusiones	107
Notas	108
Referencias	108
Capítulo 4. Consideraciones para el diseño de impuestos y otros instrumentos tributarios	113
4.1. Identificación del nivel tributario adecuado	114

4.2. Extensión de la base imponible	127
4.3. Administración del impuesto	130
4.4. Instrumentos políticos basados en los impuestos	131
4.5. Selección del instrumento tributario	144
4.6. La creación de un paquete de políticas: Combinaciones de instrumentos ambientales y de innovación	147
4.7. Conclusiones	151
Notas	153
Referencias	154
 Capítulo 5. Una guía de los sistemas tributarios relacionados con el medio ambiente para los formuladores de las políticas	157
5.1. ¿Por qué impuestos?	158
5.2. Desarrollar un sistema tributario efectivamente relacionado con el medio ambiente	161
5.3. Uso de los ingresos generados	164
5.4. Superar los retos para la implementación de los impuestos ambientales	166
5.5. Los impuestos ambientales por sí mismos no son la solución	170
5.6. Conclusiones	172
Notas	172
Referencias	173
 Casos de Estudio	175
Anexo A. Cobro de las emisiones de NO _x en Suecia	177
Anexo B. El precio del agua en Israel	193
Anexo C. Los impuestos sobre el combustible y las normas de emisión vehicular entre los distintos países	203
Anexo D. Impuesto sobre los compuestos orgánicos volátiles en Suiza	217
Anexo E. Créditos fiscales para I+D e inversiones ambientales en España	229
Anexo F. Sistema de comercio de emisiones para NO _x y SO _x en Corea	243
Anexo G. Las respuestas de innovación a los incentivos públicos en las empresas de Reino Unido: Un enfoque basado en las entrevistas	253
Anexo H. La exacción sobre el cambio climático en el Reino Unido y los acuerdos sobre el cambio climático en Reino Unido: Un acercamiento econométrico	267
Anexo I. Los impuestos sobre las emisiones de SO _x en Japón	281
 Tablas	
2.1. Alcance de la utilización de los instrumentos tributarios	55
2.2. Impuestos sobre los solventes clorados	59
2.3. Impuestos sobre pesticidas y fertilizantes	60
2.4. Exenciones completas de los impuestos relacionados con el medio ambiente y la agricultura	63
2.5. Tasas de impuestos sobre la electricidad en distintos países de la OCDE	66
2.6. Impactos ambientales de una selección de reducciones/exenciones tributarias en los Países Bajos	68
4.1. Incentivos para la innovación de acuerdo con el instrumento tributario	146
4.2. Los efectos de bienestar de los impuestos y los subsidios de I+D	149
A.1. Adopción de la tecnología de reducción de NO _x en Suecia	180

A.2. Solicitudes de patentes para NO _x entre los distintos países	181
A.3. Plantas sujetas al impuesto sobre NO _x : Estadísticas descriptivas	182
B.1. Precios agrícolas del agua dulce en Israel	194
B.2. Precios del agua de uso doméstico en Israel	195
C.1. Resultados empíricos: Tecnologías de reducción de las emisiones	212
C.2. Resultados empíricos: Tecnologías de insumos (diseño de motor mejorado)	213
C.3. Resultados empíricos: Tecnologías de producción	214
D.1. Las mayores reducciones de COV por industria	219
E.1. El uso de los informes motivados en España	230
E.2. El impacto secuencial de los créditos tributarios	233
E.3. Créditos tributarios para I+D+i y uso del crédito fiscal	233
E.4. El impacto del crédito fiscal para I+D+i en el uso del crédito de EI	234
E.5. Créditos tributarios para las inversiones ambientales y uso del crédito fiscal	234
E.6. Impacto del crédito fiscal para las inversiones ambientales en el uso del crédito fiscal para I+D+i	235
E.7. Características del uso del crédito fiscal	236
F.1. Progresión de la implementación del programa de limitación y comercio “cap-and- trade”	245
F.2. Impacto de los quemadores de baja producción de NO _x en la contaminación	247
F.3. Eficiencias de reducción de NO _x con los quemadores de baja producción de NO _x	248
F.4. Patentes por campo técnico en Corea	249
G.1. Motores de la innovación y la construcción de índices	257
G.2. Resultados de los estudios y la intensidad energética	258
G.3. Resultados de los estudios y productividad	259
G.4. Resultados de las encuestas e innovación	261
H.1. Tasas de exacción sobre el cambio climático	268
H.2. Estadísticas descriptivas de acuerdo con el estado de participación en los CCA	271
H.3. Participación en los CCA y el desempeño ambiental	273
H.4. Participación en los CCA y el desempeño en la innovación	277
I.1. Tasa de cambio promedio anual de reducción de SO _x	290

Gráficas

1.1. Los efectos estimados de la innovación	30
1.2. Impulsores de la innovación	32
1.3. Modelo de innovación de eslabones en cadena	32
2.1. Ingresos de los impuestos ambientales como porcentaje del PIB	42
2.2. Ingresos de los impuestos ambientales como porcentaje de los ingresos fiscales.....	43
2.3. Composición de los ingresos fiscales relacionados con el medio ambiente en la OCDE	45
2.4. Composición de los ingresos tributarios relacionados con el medio ambiente por país	46
2.5. Tasas de impuestos sobre los combustibles para motor	46
2.6. Cambios reales en las tasas de impuestos sobre la gasolina	49
2.7. Impuestos extraordinarios para los vehículos motorizados	50
2.8. El componente de CO ₂ de los impuestos extraordinarios	51
2.9. Precio implícito del carbono e impuestos sobre los vehículos motorizados	52
2.10. Componentes totales de CO ₂ de los impuestos sobre los vehículos motorizados	53
2.11. Tasas de impuestos sobre el aceite combustible liviano	56
2.12. Impuestos sobre las emisiones de NO _x en el aire	57

2.13.	Tasas de impuestos sobre los vertederos	61
3.1.	Participación directa del gobierno en los gastos totales de I+D	78
3.2.	Gastos ambientales de I+D en la asignación total del gobierno para I+D	79
3.3.	Gastos energéticos de I+D en el presupuesto total del gobierno para I+D	79
3.4.	Impactos ambientales y externalidades económicas de las innovaciones	85
3.5.	Tipos de innovación relacionados con el medio ambiente	95
4.1.	Impactos de la innovación con el sistema tributario y los permisos negociables	119
4.2.	Categorías de las medidas basadas en los impuestos	131
4.3.	Subvención fiscal para I+D en los países de la OCDE	140
4.4.	Determinantes de las emisiones y alcance para la innovación	145
A.1.	Efectividad del cargo a las emisiones de NO _x en Suecia	179
A.2.	Cambios de intensidad de las emisiones de NO _x	183
A.3.	Intensidades de emisión de NO _x en plantas individuales	185
A.4.	Disminución en las curvas de los costos marginales de reducción de NO _x	186
B.1.	Valor de la producción agrícola por unidad de agua de irrigación	196
B.2.	Impacto de las campañas nacionales de ahorro de agua	198
C.1.	Tasas de impuestos especiales para el diesel en países seleccionados de la OCDE ..	204
C.2.	Límites reglamentarios de las emisiones del escape para vehículos a motor de gasolina	205
C.3.	Calibración de motor y niveles de emisiones	208
C.4.	Solicitudes de patentes para las tecnologías vehiculares relevantes	210
C.5.	Solicitudes de patentes para las cuatro categorías tecnológicas	210
E.1.	Uso del crédito fiscal para I+D+i y para inversiones ambientales de acuerdo con el tamaño de la empresa	231
E.2.	Solicitudes de patentes en España y UE15	237
F.1.	Concentraciones meta de NO ₂ y PM10 en el ambiente	244
F.2.	Tendencias de emisiones de NO _x en Corea	246
F.3.	Tendencias de emisiones de NO ₂ en Corea	246
F.4.	Tendencias de emisiones de SO en Corea	246
F.5.	Tendencias de concentración de SO ₂ en Corea	247
F.6.	Patentes de reducción de SO en Corea	249
F.7.	Patentes de reducción de NO _x en Corea	249
F.8.	Presupuesto para I+D ambiental	250
H.1.	Índice de patentes en el Reino Unido	275
I.1.	Tasas de impuestos para las emisiones actuales de SO _x	283
I.2.	Tendencias de las emisiones de SO _x	286
I.3.	Factores de emisión de SO _x	287
I.4.	Ventas y patentes de FGD	291

Abreviaturas

CCA	Acuerdo sobre el Cambio Climático (Reino Unido)
CCL	Exacción sobre el Cambio Climático (Reino Unido)
CCR	Relacionado con el cambio climático
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto
CL	Ley de Compensaciones (Japón)
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
CO ₂ e	Equivalente al dióxido de carbono (en términos del potencial del calentamiento global)
ECA	Régimen de aumento de las deducciones por capital (Reino Unido)
EI	Crédito fiscal para las inversiones ambientales (España)
EPER	Registro Europeo de Contaminantes y Emisiones
UE ETS	Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea
UE15	Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Portugal, España, Suecia y Reino Unido
FE	Efectos fijos
FGD	Desulfuración de los gases de combustión
PIB	Producto Interno Bruto
GHG	Gases de efecto invernadero
GWh	Gigavatios-hora
HC	Hidrocarburo
HFC	Hidrofluorocarbono
IEA	Agencia Internacional de Energía
PI	Propiedad intelectual
VI	Variable instrumental
kcal	Kilocaloría
kWh	Kilovatios-hora
LNB	Quemador de baja producción de NO
GNL	Gas natural licuado
GLP	Gas licuado de petróleo
MAC	Costos marginales de reducción
DM	Daño marginal
MOE	Ministerio del Medio Ambiente (Japón)
MWh	Megavatios-hora
NA	Acuerdo negociado entre la industria y el gobierno
Nm ₃	Metro cúbico normal ("normal" en términos de cada gas individual)
NO _x	Óxido de nitrógeno
OLS	Regresión por mínimos cuadrados ordinarios
PCA	Acuerdo para el control de la contaminación (Japón)
PM/PM ₁₀	Partículas/partículas < 10 µm

Ppm	Partes por millón
I+D	Investigación y desarrollo
I+D+i	Crédito fiscal para investigación, desarrollo e innovación tecnológica (España)
RCS	Reducción catalítica selectiva
SEPA	Agencia de Protección Ambiental de Suecia
PyME	Pequeñas y medianas empresas
RCNS	Reducción no catalítica selectiva
SO ₂	Dióxido de azufre
SO _x	Óxidos de azufre
PTF	Productividad total de los factores
PN	Permiso negociable
TWh	Teravatios-hora
IVA	Impuesto al valor agregado
COV	Compuesto orgánico volátil

Resumen ejecutivo

La innovación es fundamental para alcanzar los resultados ambientales requeridos a un costo razonable

El mundo enfrenta diversos retos ambientales. Algunos se limitan a regiones locales y podrían ser resultado de un número reducido de contaminantes (por ejemplo, las emisiones de mercurio en el aire o las descargas de drenaje en los cursos de agua), mientras otros ocurren en el ámbito global e intervienen millones de actores distintos (como las emisiones de los gases de efecto invernadero). Aunque los asuntos ambientales pueden verse como los efectos negativos del desarrollo económico de cada país, es importante considerar también el hecho de que mientras las naciones se vuelven más ricas, con mayor densidad de población y más avanzadas tecnológicamente, aumenta también el deseo y la capacidad de enfrentar estos retos.

Muchos de los desafíos ambientales que enfrentan los distintos países pueden parecer insuperables. Las consecuencias de la acción parecen altas si los costos estimados en corregir el daño ambiental dependen de la aplicación de las tecnologías y los conocimientos técnicos existentes. Sin embargo, la habilidad de las empresas y los consumidores para innovar (encontrar nuevos medios y tecnologías para reducir la contaminación y sus efectos) puede reducir drásticamente los costos de la política ambiental a futuro. Por lo tanto, como se abordará en el Capítulo 1, la clave está en encontrar las herramientas de política pública que aseguren comenzar ahora las mejoras ambientales, pero que también estimulen la innovación y el desarrollo de tecnologías más limpias en el futuro.

El tema del medio ambiente y la innovación es importante para los gobiernos debido a que las fuerzas del mercado no pueden hacerse cargo totalmente de este problema. Contaminar no tiene un precio y, por lo tanto, las empresas y los consumidores contaminan demasiado. Por el contrario, los mercados no pueden proporcionar suficiente innovación. Cuando los innovadores no pueden cosechar todos los beneficios de sus propias innovaciones, suele haber escasez de las mismas. Así, en el caso de la innovación relacionada con el medio ambiente, el problema se vuelve doblemente agudo: se presenta una insuficiencia general en cuanto a la innovación, pero aún más en relación con el medio ambiente, ya que sin un precio aplicado a la contaminación existen pocos alicientes para utilizar dichas innovaciones. Estas características sugieren que el gobierno tiene que abordar dichas externalidades.

Los impuestos relacionados con el medio ambiente tienen varias características positivas y su uso se amplía en las economías de la OCDE

Los gobiernos poseen una gama de herramientas de política ambiental a su disposición: instrumentos reglamentarios (o de “mando y control”), instrumentos basados en el mer-

cado (como los impuestos y los permisos negociables), acuerdos negociados, subsidios, sistemas de gestión ambiental y campañas de información. Aunque no puede considerarse ningún instrumento único para abordar los retos ambientales del mejor modo, se ha presentado un movimiento creciente hacia los impuestos relacionados con el medio ambiente (y los permisos negociables) en los países de la OCDE.

Los impuestos sobre la contaminación ofrecen incentivos claros para que quienes contaminan reduzcan sus emisiones y busquen opciones más limpias. Al aplicar un costo directo al daño ambiental, las empresas que maximizan sus ganancias tienen un mayor incentivo para ahorrar en su uso, al igual que otros insumos de producción. En comparación con otros instrumentos ambientales, como la reglamentación de las intensidades de las emisiones o las prescripciones tecnológicas, los impuestos relacionados con el medio ambiente promueven los costos más bajos de reducción de los distintos contaminantes y prometen incentivos para la reducción de cada unidad contaminante. Estos gravámenes también son un enfoque de política pública altamente transparente, que permite a los ciudadanos conocer si algún sector individual o fuente de contaminación es favorecido.

El uso de los impuestos relacionados con el medio ambiente y los sistemas de comercio de emisiones se amplía en las economías de la OCDE, según se describe en el Capítulo 2. Un número cada vez mayor de jurisdicciones utilizan los impuestos y cobros en áreas como la eliminación de residuos y algunos contaminantes específicos, por ejemplo, las emisiones de NO_x y SO_x en el aire. Además, los gobiernos están convirtiendo sus impuestos ambientales existentes en más eficientes, tanto económica como ambientalmente.

Esta ampliación se observa junto con una tendencia en la disminución gradual de la cantidad de ingresos de los impuestos relacionados con el medio ambiente, durante la última década, en relación tanto con el PIB como con el ingreso fiscal total. Esta tendencia se ve impulsada principalmente por los impuestos sobre el combustible, que conforman la gran mayoría del ingreso fiscal relacionado con el medio ambiente. Por una parte, refleja los aumentos de precio que han surgido de la demanda de combustibles en los países de la OCDE y por otra, la disminución de las tasas reales de los impuestos especiales.

La estructura de los impuestos sobre los combustibles es relativamente homogénea entre países, pero en el caso de otros impuestos relacionados con el medio ambiente existe una gran variación entre las distintas naciones. Cuando se trata de las emisiones de NO_x , las tasas tributarias varían más de cien veces entre los distintos países, y muchos de la OCDE ni siquiera recaudan dichos impuestos.

La mayoría de los impuestos relacionados con el medio ambiente generan poco ingreso. A menudo, las bases tributarias son pequeñas, por lo que es poco probable que recauden un alto ingreso a pesar de que los incentivos resultantes puedan ser bastante efectivos desde la perspectiva ambiental. En otros casos, las tasas de impuestos pueden ser bastante bajas. En el mediano plazo, los ingresos adicionales que proceden de los impuestos sobre el carbono y las subastas de los permisos negociables pueden incrementar el papel de los impuestos relacionados con el medio ambiente en los presupuestos del gobierno.

*Los impuestos relacionados con el medio ambiente
estimulan el desarrollo y la difusión de las nuevas
prácticas y tecnologías*

Además de promover la adopción de medidas de reducción de contaminación conocidas, los impuestos relacionados con el medio ambiente pueden ofrecer incentivos significativos para la innovación, ya que las empresas y los consumidores buscan soluciones más limpias en respuesta al precio asignado a la contaminación. Estos incentivos también vuelven comercialmente atractiva la inversión en las actividades de I+D para el desarrollo de tecnologías y productos de consumo con una huella ecológica más pequeña, ya sea de acuerdo con los contaminantes o con los innovadores terceros.

Los estudios de caso elaborados para este proyecto ilustran el modo en que los impuestos relacionados con el medio ambiente pueden inducir la innovación, y en el Capítulo 3 se presentan algunas de las conclusiones principales. Uno de los retos de dichos estudios es la medición de la innovación. Los enfoques comunes incluyen observar la intención de los esfuerzos de innovación de las empresas indicada por los recursos dedicados a las actividades de investigación y desarrollo o la investigación de los resultados de sus actividades de innovación materializadas en las patentes. En los estudios de caso que examinan los impactos de la innovación de la Exacción sobre el Cambio Climático del Reino Unido sobre los combustibles fósiles y la electricidad se encontró que las empresas sujetas a la tarifa plena de la exacción patentaron más que las empresas sujetas a una tarifa reducida a sólo una quinta parte de la tasa total. Esto sugiere que la carga del costo de los impuestos relacionados con el medio ambiente (digamos, el rigor del gravamen) no afecta negativamente la capacidad de la empresa para las actividades vinculadas con la innovación.

Debido a que la innovación se desarrolla de distintas maneras —por ejemplo, con un conocimiento mejorado sobre el modo de optimizar el equipo y la experimentación con los procesos existentes—, los datos de patentes o los gastos en I+D no son mediciones suficientes por sí mismas, puesto que no captan todos los aspectos de la innovación. Las mediciones más informales, como las entrevistas y los análisis en de cada empresa, pueden aportar información adicional importante. En Suiza, la imposición fiscal sobre los compuestos orgánicos volátiles (COV, sustancias de evaporación rápida que contribuyen al smog) afecta a una amplia gama de pequeños productores, como las imprentas, los productores de pintura y los limpiadores de metales. La mayoría de estas empresas no tenían unidades dedicadas a I+D y tampoco habían desarrollado ideas patentables. Sin embargo, las entrevistas revelaron que la adopción de las tecnologías existentes, junto con las innovaciones pequeñas a nivel de la empresa a partir de los procesos de prueba y error, resultaron en reducciones significativas en el uso de COV.

Ponerle un precio a la contaminación crea oportunidades para una amplia gama de tipos de innovación. Esto brinda una ventaja a los impuestos en comparación con los instrumentos de política ambiental más normativos que tienden a promover un enfoque en las innovaciones de etapa final (por ejemplo, innovaciones que reducen las emisiones de contaminantes pero no así su creación). Un ejemplo de esto serían los depuradores que se instalan al final de las chimeneas para limitar las emisiones. Estas innovaciones son importantes, pero suelen ser menos eficientes que las medidas que se toman para reducir la contaminación en primera instancia. La amplia gama de acciones que pueden inducirse con los impuestos promueve una mezcla más equitativa entre la innovación de procesos de producción más limpios y las medidas de reducción de etapa final.

Aun para las empresas que no tienen los recursos o la tendencia a desarrollar activida-

des formalizadas de I+D, la presencia de los impuestos relacionados con el medio ambiente ofrece más incentivo para adoptar las últimas tecnologías que ya se hayan desarrollado en otras partes. En Suecia, por ejemplo, la introducción de un impuesto sobre las emisiones de NO_x tuvo como consecuencia un aumento sustancial en la adopción de la tecnología de reducción existente: sólo 7% de las empresas habían adoptado la tecnología de reducción en el año en que se introdujo el impuesto, y al siguiente esta cifra aumentó a 62%.

El contexto más amplio tiene un papel importante en la formación de los resultados de la innovación y los impuestos relacionados con el medio ambiente: el régimen de los derechos de propiedad intelectual de un país, el sistema de educación superior y los estándares culturales hacia la innovación contribuyen a la capacidad de innovación de un país. En el estudio de caso de Israel, las innovaciones que se observaron en el sector del agua podrían ser resultado de una cultura de innovación que cubre varias décadas, además de la presencia de los más altos precios e impuestos del agua.

Cabe destacar que los estudios de caso desarrollados como parte de este proyecto no proporcionan evidencia inequívoca de que los impuestos relacionados con el medio ambiente siempre resultan en la innovación y la adopción de nuevos procesos y tecnologías. Por ejemplo, en el análisis entre países de los impactos de la innovación en los precios e impuestos a la gasolina, los reglamentos y las normas sobre los vehículos motorizados, se encontraron relaciones entre los reglamentos sobre las emisiones y las patentes relacionadas y entre los impuestos a los combustibles y las patentes de eficiencia de combustible, pero los resultados no fueron completamente consistentes. El estudio sobre Reino Unido encontró evidencia respecto a que el impuesto sobre el cambio climático promueve la innovación general, pero no la innovación relacionada específicamente con el cambio climático. A continuación, se presentan algunas razones por las cuales la relación entre la innovación y los impuestos relacionados con el medio ambiente no se revelan claramente en los análisis empíricos:

- En primer lugar, el uso de los impuestos relacionados con el medio ambiente (distintos de los destinados a los combustibles para vehículos motorizados) sigue siendo relativamente nuevo, por lo que su alcance es limitado para el análisis de amplio rango.
- En segundo, la investigación de los efectos que tienen los impuestos relacionados con el medio ambiente es considerablemente más difícil que en el caso de otras herramientas para las políticas ambientales. Los enfoques reglamentarios respecto a las políticas ambientales suelen ser obligatorios (como establecer las intensidades máximas de emisión o autorizar tecnologías específicas) y dirigidos hacia sectores o contaminantes específicos, por lo que es relativamente fácil localizar los efectos. En contraste, la ventaja de utilizar los instrumentos fiscales es precisamente el hecho de que promueven diversos tipos de innovaciones. Por lo tanto, localizar e identificar las innovaciones potenciales que surjan de los incentivos creados por los impuestos resulta más difícil.
- En tercer lugar, los impuestos relacionados con el medio ambiente tal vez no fueron diseñados de manera óptima, lo que puede frenar las actividades de reducción, decisiones de inversión y esfuerzos de innovación.
- Finalmente, muchos otros factores afectan los esfuerzos de innovación por parte de las empresas. Dada la limitada disponibilidad de datos, resulta difícil separar los distintos efectos aislados de los impuestos.

Los temas relativos al diseño de los impuestos tienen un efecto significativo sobre la innovación resultante

El diseño de los impuestos relacionados con el medio ambiente desempeña un papel importante que se analiza en el Capítulo 4. Como se ha mencionado, el nivel del impuesto es un factor significativo: cuanto más alta sea la tasa, más importantes son los incentivos para la innovación. Los impuestos recaudados más cerca de la fuente de contaminación (por ejemplo, los de las emisiones de CO₂ en comparación con los destinados a los vehículos motorizados) ofrecen un mayor rango de posibilidades para la innovación. Sin embargo, en algunos casos, los impuestos recaudados directamente de los contaminantes son difíciles de administrar y se requiere el monitoreo de muchas fuentes dispersas y variadas.

Un ambiente favorable a la innovación, que se caracteriza por un compromiso de política pública creíble y por la previsibilidad de las tasas de impuestos, es un ingrediente crítico para la promoción de la inversión en las actividades de innovación. A diferencia de la incertidumbre en el mercado (como los precios del petróleo), la incertidumbre en la política pública es más difícil de afrontar. Como se observó en el caso del cobro al SO_x en Japón, la incertidumbre que rodea la viabilidad del régimen global tuvo efectos negativos en las patentes, del largo plazo, al tener altas tasas de impuestos.

Se debe reconocer que los asuntos de la economía política pueden influir en el diseño de impuestos y llevar a impactos diferenciales en la innovación. Las bajas tasas de aquellos que se ofrecen en algunos sectores o viviendas energéticamente intensivos/expuestos al comercio, en el Reino Unido, proporcionan incentivos significativamente menores para el desarrollo y la adopción de la innovación. En vez de tasas de impuestos más bajas, otros países han establecido mecanismos de devolución, que reciclan el ingreso de vuelta a las empresas afectadas, con una base diferente de la base de recolección. Tales mecanismos mantienen un incentivo de reducción marginal (especialmente en los casos en que las tasas de impuestos más altas pueden recaudarse debido a la existencia del reciclaje de ingresos) pero pueden debilitar algunos de los incentivos para innovar, en particular, la innovación que se desarrolla a nivel colectivo. También podrían estar en contra del principio de que el que contamina paga, al no aumentar el precio de los productos o actividades “sucias”.

También es importante considerar los aspectos internacionales de los impuestos relacionados con el medio ambiente. Al igual que muchos instrumentos de política pública, siempre existe preocupación sobre la introducción de políticas que son demasiado rigurosas y causan la reasignación de las actividades con emisiones intensas hacia otras jurisdicciones. La cooperación y coordinación internacionales para el establecimiento de los impuestos ambientales reduce el riesgo considerablemente. Hacerlo también proporciona un beneficio adicional para la innovación: el uso de impuestos relacionados con el medio ambiente maximiza el movimiento internacional de la innovación. Para dos países que recaudan impuestos sobre un mismo contaminante, la innovación que genera uno se utilizará necesariamente en el otro. Este proceso es menos directo en el caso de los enfoques reglamentarios típicamente más normativos, limitando potencialmente el alcance de la transferencia de innovaciones entre países.

Los impuestos y los demás instrumentos de política ambiental se pueden complementar

Los impuestos bien diseñados fijan un precio claro para el daño al medio ambiente y, por lo tanto, deberán superar gran parte del problema de la externalidad ambiental. Sin embargo, algunas barreras pueden requerir medidas de política pública adicionales. Es posible que los consumidores desconozcan el impacto total de su compra a largo plazo y puede ser que los impuestos no afecten los incentivos de algunos agentes (por ejemplo, los inquilinos) en caso de que otros (por ejemplo, los propietarios) tengan que pagar impuestos. De este modo, las campañas y los reglamentos de información pueden ayudar a complementar los impuestos relacionados con el medio ambiente e incrementar su impacto. Dicha complementariedad ayuda a reforzar cada instrumento. Mientras tanto, la coincidencia de los impuestos y los permisos negociables sobre las mismas emisiones es problemática, pues el impuesto puede tener un beneficio nulo o incluso causar una reducción ineficiente entre los distintos sectores.*

Algunos países han buscado usar el sistema tributario para las políticas ambientales de maneras distintas, por ejemplo, mediante las deducciones aceleradas por amortización y las reducidas tasas de impuestos sobre los bienes ecológicos. Estas medidas intentan reducir el costo de las acciones “buenas” en lugar de penalizar las acciones “malas” y pueden funcionar de modo similar a los subsidios. Sin embargo, como limitante, también tienden a favorecer los enfoques de capital intensivo frente a los enfoques más sencillos. Por otra parte, estas iniciativas no están exentas de un costo, necesitan que los gobiernos encuentren las fuentes para sus fondos, lo que impone una presión adicional en los presupuestos gubernamentales. Si se asigna un precio adecuado a la contaminación a través de los impuestos, estos instrumentos no son eficientes en los costos de inducción de reducciones adicionales y de la innovación.

Muchos países tienen políticas públicas de innovación amplias, aunque sus modos puedan variar considerablemente. Esto incluye apoyo a las universidades y los investigadores, tratamiento fiscal favorable para los insumos de I+D y devoluciones de acuerdo con la innovación, regímenes de protección de la propiedad intelectual, etcétera. Si estos sistemas resultan adecuados para enfrentar la escasez general de innovación, entonces debería ser igual para el caso de la innovación relacionada con el medio ambiente. Los créditos fiscales especiales en I+D dirigidos a la innovación ambiental enfrentan muchos de los mismos retos que otras medidas de promoción del “bien”. El punto más importante es que tiene efectos limitados sobre la innovación cuando se utiliza como el único instrumento de política de innovación ambiental: si no se asigna un precio a la contaminación, la adopción de las tecnologías desarrolladas a partir de los créditos fiscales de I+D no le ofrece ningún beneficio al adoptante. Efectivamente, sólo existe un beneficio para adoptarlas cuando estas acciones reducen también el costo para el adoptante. Por ejemplo, es poco probable que una empresa haga una inversión con cualquier nivel de crédito fiscal en una tecnología que sólo reduce las emisiones de carbono si no existe un costo sobre las emisiones de carbono desde un inicio. Sólo cuando la tecnología también pueda ahorrar dinero de la empresa (o sea, reducir las emisiones de carbono debido al aumento en la eficiencia energética), podrá el crédito fiscal de I+D proporcionar un impulso adicional y ayudar a reducir el problema ambiental.

* Los impuestos pueden desempeñar un papel en el que se combinan con los permisos negociables que se han subastado gratuitamente. Si se dirigen a exactamente las mismas emisiones que las que cubre el régimen del permiso negociable, los impuestos reducirán el precio de los permisos pero recuperarán algunas de las ganancias imprevistas recibidas al no tener que adquirir sus permisos en una subasta, lo cual es deseable desde el punto de vista del capital.

Los impuestos relacionados con el medio ambiente ofrecen incentivos importantes a las innovaciones aptas para el mercado, pero el alto riesgo, los esfuerzos a largo plazo, necesarios para los avances de ruptura, aún enfrentan obstáculos (la incertidumbre del mercado y la política pública, acceso al capital y las economías de escala), incluso si se gravaran todos los contaminantes de manera óptima. Esto sugiere que las políticas públicas de innovación amplias tal vez no respondan adecuadamente a algunos de los problemas específicos relacionados con el medio ambiente. Los créditos fiscales adicionales para I+D, dirigidos a los resultados ambientales, inducirían tal vez la innovación adicional, pero no de la naturaleza fundamental requerida. Es posible que se precisen políticas fuera del sistema tributario, como los fondos del gobierno para I+D básicos dirigidos al desarrollo de las tecnologías de ruptura.

Lo anterior sugiere que el enfoque óptimo es tener una política ambiental fuerte que responda al exceso de daño ambiental en la sociedad; los impuestos recaudados directamente de las actividades que dañen el medio ambiente deben desempeñar un papel importante en esto. El impuesto deberá buscar responder al daño ambiental, pero no necesita ir más allá para abordar específicamente la innovación ambiental. Al mismo tiempo, las políticas públicas de innovación amplias deberán responder a la carencia de innovación (incluyendo el medio ambiente).

Las mejores prácticas para la implementación de los impuestos ambientales dependen de una amplia gama de consideraciones

Con base en los resultados del presente estudio y de otras lecciones aprendidas en los países de la OCDE, en el Capítulo 5 se ofrece una guía de las mejores prácticas para los encargados del diseño de políticas públicas. El alcance es muy amplio para el uso extendido de los impuestos relacionados con el medio ambiente, en los países de la OCDE, especialmente en lo que se refiere al cambio climático. La recaudación de dichos impuestos exige una consideración cuidadosa de su cobertura y diseño de los impuestos. Para ser más efectivos, los impuestos relacionados con el ambiente deberán cubrir todas las fuentes y niveles de contaminación, y los gobiernos no deberían dudar en recaudar un impuesto que aborde el reto ambiental en su totalidad. Aunque se reconoce que las tasas de impuestos deben reflejar una amplia gama de factores potencialmente cambiantes, deben ser relativamente predecibles para fortalecer la inversión y las decisiones sobre la reducción.

La implementación de los impuestos relacionados con el medio ambiente implica retos significativos de economía política. Las preocupaciones sobre la naturaleza potencialmente regresiva de los impuestos, especialmente en relación con los del agua y la energía, pueden llevar al gobierno a intentar modificar el diseño de los impuestos de tal modo que se reduzca la carga en las viviendas de bajo ingreso. Aunque la progresividad sea un aspecto que debe considerarse, lo importante es la progresividad del sistema fiscal y de seguridad social en su totalidad. Por lo tanto, estas preocupaciones deben tratar de resolverse por otros medios (menores impuestos sobre la renta de las personas físicas, créditos fiscales en el trabajo, aumento de los beneficios sociales, etcétera.) en vez del impuesto relacionado con el medio ambiente. Por otro lado, existe la preocupación de que los impuestos relacionados con el medio ambiente impulsen las actividades intensivamente contaminantes, abiertas al comercio, para reubicarse donde dichos impuestos sean más bajos o inexistentes. Es común encontrar tasas reducidas en dichas actividades. Sin embargo, la medida más importante para superar este riesgo es la cooperación internacional, esto es: la construcción de políticas ambientales

similares en los distintos mercados. Finalmente, los ciudadanos de algunos países tienden a dudar de los impuestos relacionados con el medio ambiente, ya que creen que implicaría un aprovechamiento excesivo de ellos o no comprenden plenamente el motivo por el cual se recaudan dichos impuestos. La comunicación convincente y los defensores fiables del impuesto (como la comisión al ecológico) pueden ayudar a superar algunos de estos problemas.

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo se introduce el cuestionamiento de por qué el mercado no reglamentado contamina demasiado e innova poco; combinación que redundaría en que la innovación vinculada al medio ambiente sea insuficiente. Se explica, a grandes rasgos, que dicha innovación es crítica para alcanzar eficazmente los objetivos ambientales en cuanto a costos se refiere. Se analiza el proceso de innovación, sus impulsores, así como el papel que desempeñan los gobiernos y las industrias. El capítulo concluye con un debate sobre la función de los impuestos en la corrección de estas dos fallas del mercado.

La importancia de los retos ambientales se incrementa cada vez más en todo el mundo. Con poblaciones en aumento y economías en crecimiento, existen más presiones sobre el medio ambiente. Al mismo tiempo, el desarrollo económico y el aumento asociado de los ingresos reales en la mayoría de las regiones del mundo también crea un efecto de riqueza ecológica, esto es, las personas están dispuestas a asignar un porcentaje más alto de su riqueza en la protección del medio ambiente. Este creciente interés en la conservación y protección ambiental, y la disposición a cubrir el costo, no está libre de limitantes: alcanzar los objetivos ambientales de manera efectiva y a bajo costo sigue siendo la prioridad principal. La innovación es el componente clave para esto, ya que lograr los objetivos ambientales con la tecnología y los conocimientos actuales sería mucho más costoso que utilizar enfoques nuevos y novedosos durante los próximos años y décadas. Es decisivo el modo en que se desarrollan y aplican las nuevas ideas y tecnologías a los retos ambientales de hoy. En este sentido, Jaffe y Stavins (1990) sugieren que “el efecto de las políticas públicas sobre los procesos del cambio tecnológico puede ser, en largo plazo, una de las determinantes más significativas del éxito y el fracaso de la protección ambiental”.

En este estudio se analiza especialmente un aspecto de las políticas ambientales (impuestos relacionados con el medio ambiente) y se investiga la forma en que afecta el proceso de innovación. Para este propósito no sólo es importante el desarrollo de la innovación, sino también la adopción de la misma por parte de las empresas.

1.1. La doble falla del mercado: la escasez de innovación y el exceso de contaminación

Los gobiernos tienen un interés particular en la innovación ambiental por el simple hecho de que los mecanismos normales del mercado no funcionan perfectamente. Las áreas del medio ambiente y la innovación presentan numerosos problemas económicos clásicos. En una situación ideal, los ciudadanos —quienes son “propietarios” del ambiente y desean menos contaminación— cobrarían a los que generan emisiones por los daños a su propiedad. El problema se resolvería a través del acuerdo entre los participantes en el mercado. Obviamente, esto no sucede. En el mundo real, existe un exceso de contaminación debido a la falta de precios y derechos de propiedad en cuanto al daño al ambiente.

En relación con la innovación, los inventores tendrían en el mejor de los casos la previsión perfecta en cuanto a las oportunidades a futuro y contarían con acceso a todo el financiamiento necesario. Además, serían capaces de recibir todos los beneficios del monopolio derivados de su invención. Una vez más, el mundo real no puede costear dichas condiciones y, por lo tanto, existe una escasez de innovación. Estas barreras del mercado, acompañadas de los efectos de derrame de conocimiento, reducen los ingresos potenciales de la innovación. Cuando se consideran en conjunto el ambiente y la innovación, Jaffe et al. (2005) sostienen que la innovación ambiental o el cambio tecnológico están en doble subproducción en los mercados.

1.1.1. La escasez de innovación

La innovación desempeña un papel importante en la promoción del crecimiento económico de largo plazo. Los productos nuevos, los procesos más eficientes y los métodos gerenciales más novedosos conducen a nuevas oportunidades de negocio y mayor rentabilidad para las empresas innovadoras. En el campo de la salud, esto se traduce en adelantos médicos de vanguardia; en el sector de transporte significa contar con vehículos más seguros y confiables, y en el comercio minorista ayuda a acercar más productos a los consumidores a precios bajos. Básicamente, la innovación amplía el rango de posibilidades disponibles y lleva a una asignación más eficiente de los recursos existentes.

Las imperfecciones en el mercado crean condiciones en las que no se alcanza el nivel óptimo de innovación. Pero, ¿cómo se sabe cuál es un nivel “óptimo” de innovación? En un mercado perfectamente eficiente, las empresas invertirían en procesos de los que (con suerte) se espera obtener resultados de innovación. Los beneficios esperados o la tasa de retorno que obtiene para el inventor determinan el nivel de la inversión inicial. Cuanto más alta sea la tasa de retorno esperada, más lo será la inversión inicial. Los mercados plenamente funcionales y los derechos de autor completos asegurarían que las empresas se beneficiaran íntegramente de la innovación. Por lo tanto, la tasa de retorno de las empresas (o sea, la tasa de retorno privada) sería la misma que la de ganancias de la economía en su totalidad (es decir, la tasa de retorno social, que incluye al inventor), ya que la empresa fue capaz de captar todos los beneficios.

Sin embargo, primero existen las imperfecciones del mercado que impiden la capacidad de innovación para el desarrollo y del inventor para prever el valor de la innovación:

- *Información incompleta:* Un aspecto esencial para la creación exitosa y el despliegue de los productos y procesos de innovación es que no existe un claro entendimiento sobre el potencial de dicha innovación. Sin embargo, existen numerosas instancias en las que la información no se transmite perfectamente entre los distintos actores de la economía o bien se presenta incertidumbre entre los resultados de las distintas tareas. Como tal, la información incompleta puede impedir la innovación hasta un nivel inferior al óptimo para la sociedad. La previsibilidad del ambiente de las políticas públicas también es un aspecto de gran importancia. En el caso de los impuestos relacionados con el medio ambiente o los sistemas de permisos negociables, por ejemplo, los cambios en el nivel de una tasa de impuestos o en la cantidad de deducciones pueden tener un impacto en la tasa de ganancia esperada de una empresa. La incertidumbre relacionada con el mercado también es un asunto importante para cualquier decisión empresarial. La inversión en las actividades de investigación y desarrollo o las tecnologías no aprobadas puede presentar aspectos desconocidos que podrían requerir una tasa crítica de ganancia más alta para lograr su objetivo, especialmente cuando se busca el financiamiento externo.¹
- *Economías de escala:* Es probable que existan economías de escala en los insumos a la innovación, sobre todo como inversiones de I+D. Probablemente la adquisición de la infraestructura física (de la cual la mayoría es indivisible) y la contratación de los recursos humanos para la investigación tienen ganancias significativamente mayores con un alto nivel de inversión inicial, lo que contribuye al aumento de la tasa crítica para la inversión.

En segundo lugar, la naturaleza fundamental de la innovación —que básicamente es una idea— sugiere además que el mercado no proporcionará al inventor una recuperación completa de todos los beneficios de la innovación. Existe un número de razones por las que esto ocurre, incluyendo:

- *Externalidades de conocimiento:* Como un inventor no puede impedir que los demás se beneficien, directa o indirectamente, de la invención, la tasa privada de retorno se reduce debido a dichos excedentes de conocimiento. Por lo tanto, puede considerarse que la tasa de retorno social permanece igual, en el sentido de que la economía en su totalidad se deriva del valor de la innovación, pero la tasa de retorno privada se disminuye, ya que algunos beneficios no los puede internalizar la empresa. Mientras las empresas deciden qué proyectos se realizarán, las tasas de retorno privadas más bajas sugieren que se aceptan menos proyectos que en el caso de las tasas de retorno social. Esto genera una escasez de innovación en comparación con el óptimo social. Los gobiernos han puesto a disposición instrumentos para ayudar a los inventores a apropiarse de un porcentaje mayor del valor de sus innovaciones. Otros inventores podrían generar ideas con base en la idea inicial de que los propietarios de las patentes no pueden remunerarse. En otros casos, algunas ideas no se pueden patentar, y como tales, la competencia las puede copiar.
- *Externalidades relacionadas con el uso:* Muchas veces, el valor de un producto o de un proceso de innovación se incrementa conforme lo utilizan los usuarios, esto es, existen ganancias que aumentan dinámicamente de acuerdo con su uso. Utilizan o desarrollan mejor el artículo, y este conocimiento puede fugarse, ofreciendo externalidades positivas para otros. Las dos categorías principales son:
 - ❖ *Aprender usando:* los nuevos usuarios de la tecnología deben aprender cómo usar la innovación efectivamente y adaptarse e integrarla en sus rutinas. En algunos casos, esta experiencia de aprendizaje puede ser una fuente de información para otros usuarios, creando así externalidades para otros.
 - ❖ *Aprender haciendo:* Del mismo modo pero desde el punto de vista de la producción, los manufactureros aprenden las eficiencias al reproducir la tecnología. En la medida en que los manufactureros pueden observar estas ganancias de conocimiento, éstas representan una transferencia irrecuperable hacia otros de la riqueza del conocimiento.

Las demás personas simplemente adoptan la tecnología. Aunque no diseñen mejores modos de utilizarla, su uso individual ofrece beneficios para otros y se puede considerar una red de externalidades. Esto es, el uso de la tecnología por parte de otros aumenta la utilidad del uso propio debido a que se incrementa el valor del producto. Los teléfonos y los sitios de las redes sociales son ejemplos clásicos. Estas ganancias generalmente no se pueden captar y por lo tanto aportan externalidades positivas para el uso de otros.

Las distintas imperfecciones del mercado, junto con otras limitaciones, sugieren claramente que el nivel alcanzado en la innovación será inferior al óptimo social, a menos que las políticas públicas se pongan en práctica para estimular la innovación. Además de afectar el nivel de la innovación y el cambio tecnológico, estas fallas en el mercado también influyen en el tipo de innovación. En la práctica de la innovación, existe una gama infinita de innovaciones que abarcan desde las que tienen beneficios públicos significativos (como la investigación básica en la fusión nuclear) hasta aquéllas con beneficios significativamente privados (por ejemplo, una técnica de producción eficiente que se pueda patentar y emplear por un monopolio). Las empresas centrarán más su atención en las innovaciones con beneficios más privados. Los asuntos de apropiabilidad y la incertidumbre de algunos proyectos con un plazo significativamente más largo sugieren que, con las fallas del mercado, las innovaciones de mayor aspecto público se reducen aún más que las que tienen mayores aspectos privados.

La innovación es fundamental y los gobiernos han reconocido desde hace tiempo las cuestiones por las que existe una carencia de innovación. Se han creado diversos programas

e iniciativas de gobierno en un intento por fomentar niveles más altos de cambio tecnológico. A continuación se presentan cinco esfuerzos principales que tipifican esta respuesta (el primero se relaciona con el ambiente innovador en general, y los siguientes cuatro tratan el tema de externalidad de forma más directa):

- *Creación de un negocio conducente a la innovación y un ambiente innovador:* Reducir las barreras a la creación y comercializar la innovación, además de asegurar las ganancias adecuadas de su uso, crea un clima empresarial general que es conducente a la innovación. Esto debe sumarse a un ambiente que soporte las actividades generales de innovación, por ejemplo, a través de una sociedad impulsada por la investigación y abierta a las tecnologías nuevas.
- *Protección de patentes:* Los regímenes de los derechos de propiedad intelectual ofrecen algunas protecciones legales a los creadores de la propiedad intelectual durante varios años; sin embargo, dichas estructuras no son perfectas y no pueden prevenir la fuga de información.
- *Apoyo directo a la investigación básica:* Los gobiernos invierten directamente en la investigación básica a través de los laboratorios y las estaciones de investigación del gobierno o mediante las entidades que otorgan las subvenciones. También subsidian los esfuerzos de I+D de las empresas privadas, ya sea directamente o por medio de empresas conjuntas con las instituciones de educación superior.
- *Oferta de investigadores:* Los gobiernos promueven la oferta de investigadores mediante de las prácticas universitarias. El objetivo es crear un ambiente que contribuya más al fomento de la innovación, así como permitir la expansión de los presupuestos de I+D y no gastarlos simplemente en salarios más elevados.
- *Medidas de los impuestos sobre I+D:* La mayoría de los países de la OCDE emplean incentivos fiscales en las actividades de investigación y desarrollo como medio para fomentar las actividades de innovación, al superar las dificultades mencionadas anteriormente. Estas medidas pretenden reducir el costo marginal del capital para las empresas,² al proporcionar créditos fiscales para los gastos de I+D o al ofrecer un tratamiento favorable al capital o los gastos laborales.

Con objeto de superar el hecho de que las tasas de retorno sociales y privadas sean diferentes, los regímenes de protección de patente intentan interiorizar plenamente las externalidades positivas para el inventor al incrementar el ingreso percibido por el inventor, pero sin afectar los costos de la innovación. En contraste, los créditos fiscales/subsidios para I+D buscan reducir el costo de la innovación por sí mismos, pero no pretenden aumentar las ganancias del innovador. Es probable que ambos tengan efectos de escala, ya que la tasa de ganancia privada ahora está más próxima de la tasa de ganancia social. La diferencia entre los enfoques es que mientras ambos mecanismos buscan proveer una ganancia más alta para los esfuerzos de innovación (acercándose a la tasa de ganancia social), los créditos fiscales de I+D lo logran sin internalizar la externalidad y, por tanto, mantienen derrames positivos de innovación, beneficiando a la economía en su totalidad. La evaluación del balance adecuado, junto con las demás presiones sobre el gobierno, sigue siendo un tema difícil.

No está del todo claro el caso de los gobiernos que buscan proporcionar la internalización plena de las externalidades de la innovación. Por un lado, asegurar que los innovadores puedan internalizar un alto porcentaje de las ganancias para sus creaciones es importante a fin de ofrecer incentivos a la innovación. Por otro, los derrames de innovación benefician al resto de la economía de manera positiva al ofrecer el ímpetu y las ideas para el crecimiento

futuro e innovaciones adicionales. Esto podría ser cierto especialmente en temas como el medio ambiente. Por lo tanto, es probable que se requiera que los gobiernos equilibren estos dos objetivos y el uso de las herramientas distintas de las políticas de innovación.

1.1.2. El exceso de contaminación y el uso exagerado de los recursos

Contrario al equipamiento insuficiente para la innovación, las fuerzas del mercado no reguladas dan como resultado un excedente de contaminación en la economía. Sin derechos de propiedad efectivos sobre el medio ambiente, los contaminadores no consideran el daño que provocan al medio ambiente.³ La empresa no es la única que siente el efecto de la contaminación, la sociedad entera también percibe tales efectos, y no recibe compensación alguna por los daños (externalidad negativa). En un escenario ideal, las empresas contaminantes elegirían un nivel de producción en el cual el costo marginal de reducir las emisiones sería igual al valor social marginal del medio ambiente, o sea, el valor de una unidad de contaminación adicional. Sin los mecanismos efectivos para convertir el valor del medio ambiente para la sociedad en las barreras empresariales basadas en el mercado, se seguirá emitiendo contaminación hasta que el costo marginal para la empresa sea igual a cero (esto es, que el costo de los insumos del medio ambiente sea efectivamente cero). Es decir, seguirán contaminando hasta que ya no sea económicamente rentable hacerlo, lo cual está por arriba del óptimo social.

Los gobiernos disponen de una variedad de instrumentos de política pública con los que pueden hacer frente a los retos ambientales. Algunos enfoques tradicionales se basan en las normas prescriptivas que han limitado la flexibilidad de las empresas y la diversidad de medidas potenciales de reducción, pero también han mostrado caminos claros hacia la reducción de la contaminación. Los gobiernos han cambiado en años recientes para adoptar enfoques más basados en el mercado.

- *Enfoques reglamentarios:* Se conocen también como de “mando y control” y han delineado tradicionalmente las limitantes o los enfoques para industrias específicas. Dichos enfoques pueden tomar la forma de limitaciones de intensidad de emisiones, ordenanzas tecnológicas o limitaciones absolutas de las emisiones. Se dirigen usualmente a las industrias individuales o características específicas de los productos, y con un enfoque general en los operadores más grandes.
- *Enfoques voluntarios:* Los gobiernos también trabajan en cooperación con los socios industriales para alcanzar acuerdos vinculantes que permitan afrontar el problema de las emisiones, establecer programas a los que se adhieran voluntariamente las empresas produciendo la necesidad de legislación.
- *Instrumentos basados en el mercado:* El fundamento de estos instrumentos es permitir que las señales de precios motiven a las empresas a encontrar los medios de reducción al menor costo, al poner un valor a las actividades que causen daños al medio ambiente; este valor puede ser aproximado. Dichos instrumentos pueden tomar forma de un impuesto sobre la contaminación, un impuesto sobre una representación de la contaminación o un sistema de comercio de emisiones que subaste o distribuya permisos libremente, otorgando de manera efectiva al portador del permiso el derecho a producir emisiones (o que otorgue “créditos” a los contaminadores que reduzcan sus emisiones debajo de un valor predefinido). Estos permisos y créditos se pueden comerciar o invertir sobre periodos largos y tienen características y efectos similares a los impuestos.
- *Subsidios:* En vez de intentar inducir la reducción al gravar el mal, los gobiernos pueden también tratar de subsidiar el bien. Al reducir el costo de las acciones o los productos ecológicos, se puede influir en la estructura de la oferta y la demanda.

- **Información:** Además de los enfoques anteriores, los gobiernos han realizado campañas de información para crear conciencia en cuanto a los temas ambientales. Estas acciones toman la forma de mensajes semejantes a los del servicio público, alentando a los ciudadanos a realizar acciones ecológicas o proporcionar más información sobre las decisiones ambientales ante el consumo, por ejemplo: la información sobre el uso energético y los costos esperados durante la vida útil de algunos electrodomésticos. Esta información, que suele ser difícil de recopilar para los consumidores y de comparar entre las distintas opciones, puede ayudar a superar las barreras de información y reforzar, por ejemplo, los impuestos relacionados con el medio ambiente en materia de energía.⁴

Evaluar cuáles son los mejores instrumentos de política pública relacionados con el medio ambiente es una tarea difícil debido a la diversidad de criterios potenciales y la persistencia de obstáculos potenciales ante la implementación de un diseño óptimo de políticas públicas. Uno de los criterios más importantes es la habilidad de los instrumentos de política ambiental para obtener un resultado a bajo costo (que incluye asegurar que todos los medios de reducción se estimulen en todos los niveles de la contaminación). Especialmente a nivel teórico, los impuestos relacionados con el medio ambiente y los sistemas de limitación y comercio se consideran la elección óptima, debido a su habilidad para lograr las dos eficiencias antes mencionadas (aún más si la ubicación exacta de la actividad contaminante es de importancia limitada). Sin embargo, las cargas administrativas, las restricciones a la información, las presiones de la economía política y otros asuntos crean escenarios en los que los instrumentos de políticas alternativas presentan los mejores resultados. Por estos motivos, algunas veces resultan más efectivos los enfoques distintos de los impuestos relacionados con el medio ambiente (ya sea individualmente o en combinación).

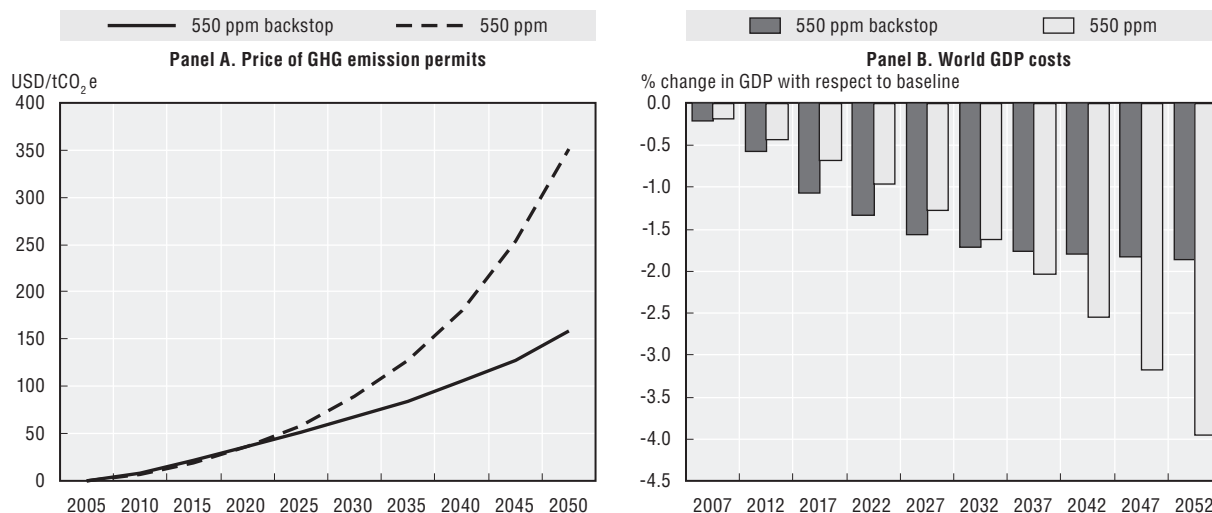
1.2. La innovación y los resultados ambientales eficientes a bajo costo

Los nuevos desarrollos y los adelantos significativos tienen la capacidad de reducir notablemente los costos para alcanzar los objetivos ambientales o las importantes metas ambientales al mismo costo. Tales innovaciones pueden ser pequeñas, como el aprendizaje de una empresa respecto a los nuevos modos de calibración de la maquinaria industrial para emitir menos contaminantes, o más radicales, como el desarrollo de fuentes alternativas de energía.

1.2.1. Razones por las cuales la innovación debe ser central a las políticas ambientales

Los economistas han creado modelos de cambio climático, para utilizar un ejemplo destacado, con la finalidad de modelar los efectos de la innovación en los costos económicos de las políticas públicas. Si bien los resultados difieren de manera radical, el resultado común es que la innovación incide fuertemente en la reducción de los impactos financieros que se encuentran al responder a los retos ambientales. Popp (2004) creó un modelo en el que la innovación se realiza debido a las nuevas políticas ambientales. El efecto de dicha innovación es un incremento de 10% en el bienestar bajo un esquema óptimo de impuestos sobre el carbono, motivado principalmente por los ahorros en el costo en vez de la mejora ambiental adicional. Gerlagh y Lise (2005) encontraron que incluir el cambio tecnológico en un modelo de cambio climático con impuestos constantes sobre el carbono reduce las emisiones casi tres veces más que en la ausencia de innovación. Kemfert y Troung (2007) hallaron que la rendición de cuentas del cambio tecnológico inducido reduce los impactos negativos en el PIB de las políticas de cambio climático.

Gráfica 1.1. Los efectos estimados de la innovación
Precios estimados de los permisos de emisiones y costos del PIB



Notas: Las emisiones de gases diferentes de CO₂ no se cubren en el modelo utilizado para el análisis y por lo tanto se excluyen de estas simulaciones. El escenario de estabilización de la concentración de los gases de efecto invernadero a 550 ppm que se utiliza aquí es de 450 ppm de CO₂ únicamente, y los precios de los gases de efecto invernadero con los precios del CO₂. La estabilización de la concentración de CO₂ a 450 ppm corresponde a la estabilización de la concentración general de gases de efecto invernadero a 550 ppm aproximadamente.

Fuente: OCDE (2009a).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317160>

De igual modo, Gerlagh (2008) encontró que, al explicar el cambio tecnológico de su modelo, el impuesto óptimo sobre el carbono es menos que la mitad de lo que es en un escenario sin innovación.

En los modelos elaborados por la OCDE, se encontró que la innovación potencial tiene un gran impacto en el costo y el efecto de las políticas de mitigación del cambio climático, como se muestra en la Gráfica 1.1. Suponiendo dos tecnologías de adelantos significativos (las tecnologías no definidas y las no desarrolladas que se asumen en un modelo viable en el futuro), se pueden evitar ahora los esfuerzos de reducción más costosos a través de la innovación incremental (con costos marginales más altos). El resultado es que el impacto negativo de las políticas de cambio climático en el PIB en 2050 se reduce a la mitad y disminuye significativamente el precio del carbono (a través de los impuestos o permisos negociables) necesario para alcanzar el objetivo de estabilización de 550 ppm de gases de efecto invernadero. Se requiere un mayor esfuerzo y más recursos en el corto plazo para introducir estas tecnologías de ruptura, en comparación con el apoyo exclusivo de la innovación, por lo que se presenta un golpe mayor al PIB en el corto plazo. Sin embargo, a plazo largo las inversiones ofrecen beneficios significativos al establecer efectivamente las pérdidas de PIB. Por lo tanto, la pregunta central es: ¿cuáles son los factores que llevan a la innovación? Entender este proceso es un buen comienzo.

1.2.2. Proceso de innovación

La innovación se compone de tres partes: la creación y el desarrollo de la innovación; su adopción (o difusión) en la economía y, finalmente, la transferencia de innovación entre las economías. A continuación, se examinará la forma en que funcionan. Además, la OCDE ha desarrollado una estrategia de innovación (OCDE, 2010) para analizar en términos generales los temas relacionados con la innovación.

A nivel básico, se conocen bien el desarrollo y los impulsores de la innovación (ver OCDE (2009b) para una discusión más extensa sobre el tema). Por otro lado, los factores de demanda crean una fuerza de “demanda del mercado” para la innovación. Los consumidores, que reaccionan a una gama de influencias y gustos, crean una demanda por los nuevos avances tecnológicos (y promueven la competencia para proporcionar bienes y servicios existentes a menor costo). Las empresas reaccionan a estas fuerzas al invertir en I+D y distribuir rápidamente las innovaciones. Las innovaciones de la “demanda del mercado” suelen estar más desarrolladas y aptas para el mercado, y las empresas tienen más confianza en el potencial del éxito en el mercado. Dichas innovaciones de “demanda del mercado” se desarrollan usualmente por dos factores.

- Las presiones competitivas dentro de un mercado que funcione correctamente son los impulsores más importantes de la actividad innovadora. El desarrollo de productos nuevos que permita tomar ventaja en el mercado es un incentivo significativo para la inversión en la innovación. La industria de alta tecnología es un ejemplo perfecto, donde el desarrollo de productos es prácticamente continuo y resulta clave para el éxito de la empresa dentro de la industria.
- La adaptación de los procesos actuales y la producción presente de productos más eficiente al reducir los costos de los insumos permite a las empresas tomar una participación adicional del mercado por medio de los precios competitivos. Esto es cierto especialmente en las industrias con insumos relativamente homogéneos, como la producción de energía.

Por otro lado, las innovaciones de “impulsos de producto/tecnológico” se encuentran generalmente en etapas previas de desarrollo y están influidas más por los impulsores de las políticas gubernamentales y empresariales, como las orientaciones en las políticas de I+D y las curiosidades de los investigadores y los ingenieros. Debido a que estas innovaciones potenciales tal vez no tengan implicaciones inmediatas en el mercado o sean de una naturaleza más fundamental (lo que podría provocar la creación de otras innovaciones), las políticas y los presupuestos gubernamentales suelen ser importantes para impulsar estas áreas.

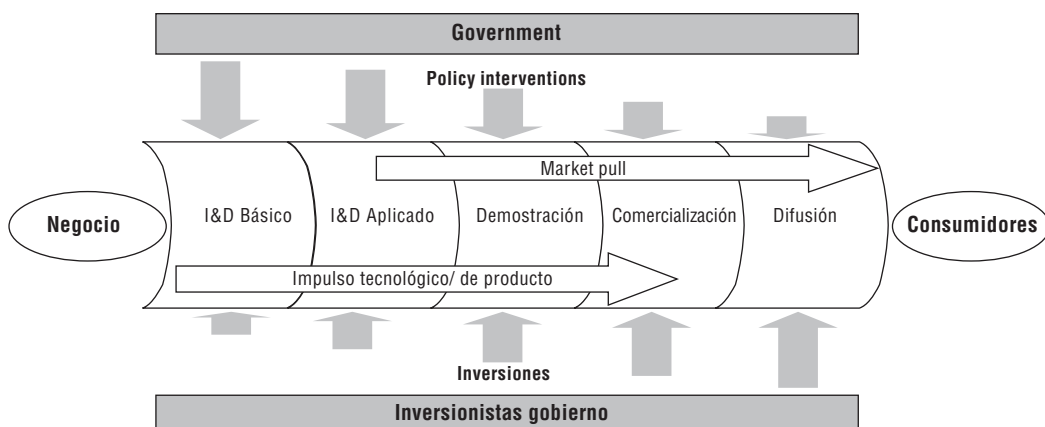
Como se observa en la Gráfica 1.2, la influencia de los gobiernos a menudo disminuye, por ende, conforme la innovación alcanza etapas de desarrollo y difusión más maduras. A partir de esto, los inversionistas desempeñan un papel cada vez más importante al guiar la innovación hacia el mercado y reaccionar a la demanda del consumidor.

Sin embargo, la creación actual de innovación no es tan directa como se sugiere en la Gráfica 1.2. Cada etapa del proceso de innovación tiene un impacto en las otras etapas, tanto para la innovación misma como para otras innovaciones. Las interrelaciones entre el conocimiento de base, el proceso de creación y el de desarrollo conforman un modelo de innovación de “eslabones en cadena” (Kline y Rosenberg, 1986). La Gráfica 1.3 resume este modelo, que explica el hecho de que las ideas generadas por los usuarios en la etapa de desarrollo tienen un impacto en las bases de la innovación y pueden incluso dar pie a innovaciones nuevas. Este modelo de ida y vuelta, de arranque y paro, refleja adecuadamente la naturaleza caótica, sin prescripción y colaboradora del desarrollo de la innovación.

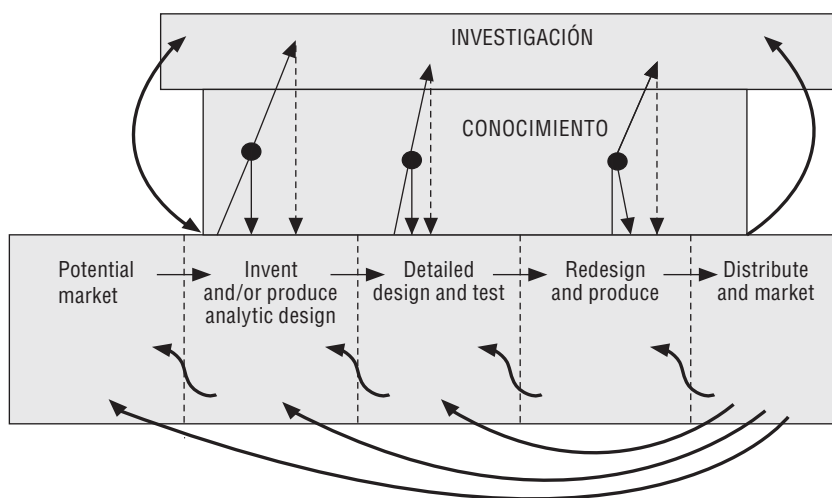
Dicho modelo muestra que la innovación es mucho más amplia que uno de sus medios principales de desarrollo: las actividades de I+D. La innovación no se circunscribe sólo al desarrollo de ideas dentro de una empresa generadas por un grupo selecto de especialistas y a su comercialización posterior para el uso de la empresa. La innovación consiste en un enfoque colaborativo y multidisciplinario que va más allá de los muros de la propia empresa.

Gráfica 1.2. Impulsores de la innovación

Demanda del mercado vs. impulso tecnológico/de producto



Fuente: Foxon (2003).

Gráfica 1.3. Modelo de innovación de enlaces en cadena

Fuente: Kline y Rosenberg (1986).

Depende de la experiencia existente en otras partes, incluyendo campos distintos y actores diferentes. Las innovaciones mismas pueden ser utilizadas por diversos actores, dentro de la empresa, del sector y fuera de él.

Las interrelaciones y los impulsores que se describen en las Gráficas 1.2 y 1.3 interactúan con una amplia gama de fuerzas que conforman y dirigen la velocidad y la orientación de la innovación. Un clima favorable la innovación puede influir en las decisiones de los individuos para invertir en dichas actividades. Los mercados con menor carga reglamentaria parecen aprovechar más la innovación (Jaumotte y Pain, 2005). También es importante contar con un ambiente macroeconómico estable (el cual incluya tasas de interés relativamente bajas y estables) que proporcione aseguramiento sobre la ganancia a futuro de cualquier innovación (OCDE, 2006). Finalmente, la oferta de profesionales e investigadores altamente capacitados puede inducir a una actividad de innovación mayor. La presencia del monopolio de poder tiene impactos ambiguos sobre la innovación, con un mercado altamente competitivo que ofrece incentivos a la innovación para la eficiencia, mientras las

estructuras de monopolio ofrecen incentivos fuertes a la innovación para la búsqueda de ganancias (Howitt, 2009).

Se sabe también que el contexto social, económico y físico más extenso en el que se sitúa el desarrollo tecnológico influye sobre la innovación (OCDE, 2009b). Por ejemplo, el nivel actual de la infraestructura y la ciencia que apoya la innovación, las instituciones financieras y reglamentarias, los aspectos culturales que rodean la aceptación y la promoción de la innovación, y los impulsores políticos difieren entre los distintos países y ejercen influencias únicas. La concurrencia de estos factores crea regímenes efectivos que proporcionan un apoyo importante a la innovación. Como ejemplo de esto, un estudio de Johnstone *et al.* (2010) en el que se analizan los impactos de diversos factores en las patentes de las fuentes de energía renovable descubrió que el factor que tiene el mayor impacto (según se midió con la elasticidad) fue la capacidad inventiva general del país. Esto fue más importante que el papel de las tarifas de alimentación garantizada, los impuestos, los gastos en I+D y diversos factores.

La innovación no puede alcanzar su potencial pleno si permanece en una idea; es importante ir más allá de las fases de creación y desarrollo. La adopción (o difusión) se basa en la diseminación de la información entre los distintos actores económicos, y generalmente sigue un patrón de difusión en forma de S, que es similar a los modelos de diseminación epidemiológica. El proceso puede ser bastante lento, potencialmente de varios años entre su primer uso y la penetración significativa en el mercado (Stoneman, 2001). Por lo tanto, la adopción de una innovación implica necesariamente enfrentar distintos retos y obstáculos. Existe una variedad de factores que sustentan la adopción: la demanda del consumidor, los precios de los insumos, las políticas públicas gubernamentales y los costos de otras tecnologías. Muchas de las mismas barreras para la creación de productos y procesos de innovación se presentan también en su creación. Sin embargo, a veces existen barreras adicionales al enfrentar la adopción de la tecnología, debido al hecho de que las innovaciones nuevas no siempre se aceptan inmediatamente.

Los bloqueos tecnológicos representan un muro significativo para los innovadores nuevos. Las innovaciones previas, debido al éxito que tuvieron en su momento, resultaron en una dominación en el mercado. Las innovaciones nuevas enfrentan el prospecto de repetir dicha inercia. Esto podría requerir inversiones de gran escala en diversos frentes. Por ejemplo, en el caso de los vehículos de motor impulsados por hidrógeno no sólo tendrían que aceptarlos los consumidores como una inversión inteligente, sino que también se necesitaría una red de estaciones de reabastecimiento para que en realidad se pudiera hacer el cambio. El bloqueo tecnológico para los combustibles líquidos representa una barrera significativa para las innovaciones alternativas.

Los consumidores pueden tener tasas de descuento muy altas,⁵ prefiriendo a veces comprar bienes a bajo costo (con costos mayores de operación) en vez de bienes con precios altos (y costos de operación más bajos). Además, para que algunas innovaciones alcancen su pleno potencial de utilidad, debe existir una red de usuarios alternativos de la misma innovación. Es muy probable que el primer usuario de Facebook (o del teléfono, para el caso) haya observado lo siguiente: el valor de los sitios de las redes sociales, por ejemplo, depende del número de personas que utilicen la tecnología.

Uno de los asuntos más importantes es el lugar donde la innovación sea de capital intensivo (o en el que la innovación se incluya en el capital físico). Los costos asociados con la tecnología nueva junto con la probable existencia de capital más viejo, pero aún útil, sugieren que la adopción de la innovación ocurrirá conforme se reemplace la tecnología y

se necesite la tecnología nueva. Mientras mejor sea la innovación, su adopción será más rápida, pero la revisión completa del capital sólo es probable para las innovaciones que avancen de manera más significativa. Una medida común para analizar la adopción de la innovación es observar la proporción de empresas que la adoptan. Sin embargo, probablemente sea más importante la profundidad de la adopción de la innovación por parte de las empresas, esto es, la velocidad con la que la se pone en práctica en todas las partes relevantes de sus procesos industriales/creativos/de servicios. Generalmente, la difusión intraempresarial de la innovación es más lenta que la innovación interempresarial, ya que muchas empresas efectúan la adopción limitada de innovaciones con capital de reemplazo continuo, mientras que integrar la innovación en toda la empresa es un proceso más involucrado (Battisti y Stoneman, 2003; Battisti, 2008); lo anterior sugiere que, en las áreas de interés particular de los gobiernos, cambiar la orientación y la velocidad de la adopción se enfocaría en esta área frecuentemente ignorada.

Por último, la difusión de la innovación no se limita únicamente a las empresas dentro del mismo país; la transferencia de la innovación entre distintos países (como en el caso de la propiedad intelectual) puede ampliar el alcance de la innovación e incrementar las opciones de reducción para los contaminadores extranjeros. Muchos de los mismos problemas relacionados con la adopción de las innovaciones se presentan en el caso de la transferencia de la innovación. La compatibilidad y flexibilidad de las políticas ambientales de los países desempeña un papel específico en el nivel potencial de transferencia. La legislación fiscal de los países, los reglamentos sobre la inversión extranjera y el rigor de los regímenes de propiedad intelectual también son factores que hay que considerar para las decisiones de las empresas sobre la transferencia de propiedad intelectual, ya sea en forma de la propiedad intelectual misma o incluida ya en el producto.

1.3. La intersección entre el sistema tributario, la innovación y el medio ambiente

El propósito del sistema tributario relacionado con el medio ambiente es alcanzar los objetivos ambientales pero, al concentrarse en los precios del consumo dañino para el medio ambiente, puede influir en el tipo de innovación de demanda del mercado, ya que las determinantes de la innovación al nivel de la empresa se centran en los precios para ellas. En un ambiente competitivo, las empresas maximizan las ganancias, lo que significa que la mezcla global de los precios de insumo y de producción puede determinar en gran medida lo que produce una empresa y el modo en que lo produce. Hicks (1932) describió por primera vez el impacto que esto tiene en el cambio tecnológico mediante su hipótesis de innovación inducida:

[Un] cambio en los precios relativos de los factores de producción es en sí mismo un incentivo para la invención, y para la invención de tipo específico, dirigida a economizar el uso de un factor que se ha vuelto relativamente caro.

Para continuar con la maximización de las ganancias, las empresas vuelven a orientar sus mezclas de insumo/producción con el propósito de maximizar el ingreso al mismo tiempo que se minimizan los costos. Esta manera de economizar lleva a las empresas no sólo a ajustar sus procesos de producción, sino también a adecuar su conducta en la búsqueda de innovación, al punto que se dirige en exceso a los nuevos precios relativos. Cuando se aplica al contexto ambiental, el ejemplo teórico es igual de sólido. Las empresas deben considerar todos los factores de producción, incluyendo el uso del medio ambiente (que se consume cuando se emite la contaminación). El problema es que el medio ambien-

te, como insumo, no tiene un impacto en la empresa que sea generalmente identificable (y por lo tanto efectivo): no existe un precio sobre el uso o la destrucción del medio ambiente.

Es evidente que los impuestos pueden insertarse aquí. Los impuestos, sobre todo los impuestos especiales, pueden asignar un precio explícito al medio ambiente y por ende deben resultar en un grado de innovación inducida, ya que los impuestos modifican la tasa de ganancia del inversionista. A falta de impuestos, la ganancia teórica por la invención de nuevos procesos eficientes energéticamente debería ser la fuente futura de todos los ahorros de energía. La introducción de los impuestos crea ingresos potenciales adicionales para el inversionista: la ganancia sobre la inversión se vuelve entonces la fuente futura de todos los ahorros en energía, además de la reducción de la carga fiscal correspondiente a la energía ahorrada. Con ganancias más altas de las esperadas, la inversión inicial (y en consecuencia el nivel de innovación resultante) debería ser mayor.

Sin embargo, según la hipótesis de la innovación inducida, la empresa sigue recibiendo un impacto negativo con el impuesto ambiental o la normatividad que conlleva el cambio en la producción. El costo aumentado de algunos insumos de la producción ha alejado a la empresa de su punto óptimo previo.⁶ La innovación adicional inducida por este cambio ayuda a reducir, pero no a neutralizar o incluso superar, la carga sobre la empresa. Si existiera un beneficio neto para la empresa, una con optimización perfecta habría hecho esto aun a falta de las nuevas políticas ambientales. Cuando previamente no existían incentivos, como en el caso de la emisión de muchos contaminantes del aire, los nuevos impuestos relacionados con el medio ambiente ofrecen incentivos para la reducción. Cabe hacer notar que los efectos de los impuestos y los permisos negociables generalmente se asemejan bastante en este aspecto (ver el Recuadro 3.4 para tener más información al respecto).

El sistema de impuestos puede utilizarse de manera distinta a la nivelación de los gravámenes sobre la contaminación y los impuestos sobre la representación de la contaminación (como los impuestos a la gasolina). También se utilizan las tasas reducidas de impuestos sobre el consumo de productos ecológicos, la distributación por amortización acelerada del impuesto sobre la renta de las sociedades y los créditos fiscales para los gastos en I+D con la finalidad de promover la protección y la innovación ambiental. La variedad de las medidas fiscales tiene efectos variados no sólo en el nivel de la innovación, sino también en el tipo.

Los impuestos relacionados con el medio ambiente sólo están diseñados para enfrentar una externalidad, esto es, el excedente de contaminación. Al dirigirse a una externalidad, debería proporcionar mayores incentivos para la innovación. Sin embargo, no se dirige específicamente a la externalidad de innovación. Aunque los incentivos para innovar podrían ser mayores con el establecimiento de los impuestos relacionados con el medio ambiente, aún se presentan barreras a la innovación. Por lo tanto, es probable que el tipo y la cantidad de innovación óptimos para ayudar a resolver los retos ambientales globales no se alcancen únicamente con los impuestos relacionados con el medio ambiente. Sigue habiendo una justificación importante para que permanezcan los otros instrumentos como parte de un conjunto de herramientas que poseen los gobiernos para dirigirse específicamente a la externalidad de la innovación. Tales políticas públicas podrían incluir las de innovación de base amplia, como I+D y el apoyo a las universidades (áreas tradicionales para la intervención de la política pública), o intervenciones más dirigidas donde se requiera.

En consecuencia, este informe tiene la intención de explorar algunos asuntos clave: como el que los impuestos relacionados con el medio ambiente influyen positivamente en la innovación, qué tipo de impuestos son óptimos y cómo dichos impuestos afectan una

amplia gama de posibilidades de innovación. También se considera el uso de los impuestos relacionados con el medio ambiente en los países de la OCDE. Finalmente, con base en todo lo anterior, se proporciona una guía a los encargados del diseño de políticas públicas en materia de impuestos relacionados con el medio ambiente.

Notas

1. Se ha documentado ampliamente la tasa crítica para las tecnologías ambientales conocidas. Jaffe y Stavins (1994) resumen las razones, como las fallas del mercado y los obstáculos gerenciales, por las que se presenta la aparente paradoja en la cual las empresas que buscan maximizar sus ganancias no adoptan las tecnologías rentables de ahorro de energía. Anderson y Newell (2004) encontraron que las plantas sienten mayor influencia de los costos iniciales que los efectos de los costos anuales, y que las tasas críticas se encuentran entre 50% y 100%.
2. Además de reducir el costo marginal del capital, los gobiernos también pueden promover la innovación al elevar la tasa de ganancia marginal que proviene de las actividades de innovación (por ejemplo, aprender los efectos de los subsidios de I+D puede generar eficiencias en los proyectos futuros de I+D), pero estos efectos no suelen ser tan grandes como los que están dirigidos al costo del capital.
3. La escala y la complejidad de muchos de los temas ambientales, especialmente el cambio climático, implicarían que no resultara práctico el teorema de Coase (la idea contraintuitiva de que a pesar de la asignación de los derechos de propiedad, o su carencia, los agentes económicos tienen incentivos para resolver los asuntos de las externalidades eficientemente a través de la negociación, como resultado del interés progresista en sí mismos).
4. Por otro lado, la combinación de dichas campañas de información con un sistema de limitación y comercio no dará como resultado una reducción adicional mientras la limitación total del sistema de comercio no se modifique.
5. Estas altas tasas de descuento pueden reflejar simplemente el hecho de que los consumidores prefieren el consumo en el periodo presente en comparación con los periodos futuros, no que existan necesariamente las fallas o distorsiones del mercado.
6. Este nivel no hubiera sido el óptimo para la sociedad, debido a que no se consideraba el daño ambiental que sentía la sociedad.

Referencias

- Anderson, S.T. y R.G. Newell (2004), "Information Programs for Technology Adoption: The Case of Energy-Efficient Audits", *Resource and Energy Economics*, No. 26, pp. 27-50.
- Battisti, Giuliana (2008), "Innovations and the Economics of New Technology Spreading within and across Users: Gaps and Way Forward", *Journal of Cleaner Production*, No. 16S1, pp. S22-S31.
- Battisti, Giuliana y Paul Stoneman (2003), "Inter- and Intra-firm Effects in the Diffusion of New Process Technology", *Research Policy*, No. 32, pp. 1641-1655.
- Foxon, T. (2003), *Inducing Innovation for a Low-Carbon Economy: Drivers, Barriers and Policies*, informe preparado para el Carbon Trust, Londres, disponible en www.carbontrust.co.uk/Publications/publicationdetail.htm?productid=CT-2003-07&metaNoCache=1.
- Gerlagh, Reyer (2008), "A Climate-Change Policy Induced Shift from Innovations in Carbon-Energy Production to Carbon-Energy Savings", *Energy Economics*, No. 30, pp. 425-448.
- Gerlagh, Reyer y Wietze Lize (2005), "Carbon taxes: A Drop in the Ocean, or a Drop that Erodes the Stone? The Effect of Carbon Taxes on Technological Change", *Ecological Economics*, No. 54, pp. 241-260.
- Hicks, John R. (1932), *The Theory of Wages*, Macmillan, Londres.
- Howitt, Peter (2009), "Competition, Innovation and Growth: Theory, Evidence and Policy Challen-

- ges”, en Chandra, Vandana, Deniz Eröcal, Pier Carlo Padoan y Carlos A. Primo Braga (eds.), *Innovation and Growth: Chasing a Moving Frontier*, OCDE, París.
- Jaffe, Adam B., Richard G. Newell y Robert N. Stavins (2005), “A Tale of Two Market Failures: Technology and Environmental Policy”, *Ecological Economics*, No. 54, pp. 164-174.
- Jaffe, Adam B. y Robert N. Stavins (1990), “Evaluating the Relative Effectiveness of Economic Incentives and Direct Regulation for Environmental Protection: Impacts on the Diffusion of Technology”, ponencia para el Simposio WRI/OECD *Toward 2000: Environment, Technology and the New Century*, 13-15 de junio de 1990, Annapolis, Maryland.
- Jaffe, Adam B. y Robert N. Stavins (1994), “The Energy Paradox and the Diffusion of Conservation Technology”, *Resource and Energy Economics*, No. 16, pp. 91-122.
- Jaumotte, F. y N. Pain (2005), “Innovation in the Business Sector”, *OECD Economics Department Working Papers*, No. 459, OCDE, París, disponible en [www.oecd.org/olis/2006doc.nsf/LinkTo/NT000073EA/\\$FILE/JT03218797.PDF](http://www.oecd.org/olis/2006doc.nsf/LinkTo/NT000073EA/$FILE/JT03218797.PDF).
- Johnstone, Nick, Ivan Haščic y David Popp (2010), “Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts”, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 45(1), pp. 133-155.
- Kemfert, Claudia y Truong Truong (2007), “Impact Assessment of Emissions Stabilization Scenarios with and without Induced Technological Change”, *Energy Policy*, Vol. 35, pp. 5337-5345.
- Kline, S.J. y N. Rosenberg (1986), “An Overview of Innovation”, en R. Landau y N. Rosenberg (eds.), *The Positive Sum Strategy*, National Academic Press, Washington D.C.
- OCDE (2006), *Economic Policy Reforms: Going for Growth*, OCDE, París, <http://dx.doi.org/10.1787/growth-2006-en>.
- OCDE (2009a), *The Economics of Climate Change Mitigation: Policies and Options for Global Action Beyond 2012*, OCDE, París, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264073616-en>.
- OCDE (2009b), *Environmental and Eco-Innovation: Concepts, Evidence and Policies*, OCDE, París, disponible en [www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2009\)40-final](http://www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2009)40-final).
- OCDE (2010), *The OECD Innovation Strategy: Getting a Head Start on Tomorrow*, OCDE, París, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264083479-en>.
- Popp, David (2004), “ENTICE: Endogenous Technological Change in the DICE Model of Global Warming”, *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 48, pp. 742-768.
- Stoneman, Paul (2001), *The Economics of Technology Diffusion*, Blackwell, Oxford.

Capítulo 2

El uso actual de los impuestos relacionados con el medio ambiente*

En este capítulo se describe el uso de los impuestos relacionados con el medio ambiente en los países de la OCDE. Se empieza con la exploración de las ganancias que se derivan de dichos impuestos, sus tendencias y el papel que desempeñan en el presupuesto global de los gobiernos. Continúa con el análisis de las tendencias en las tasas de impuestos entre los distintos países y la forma en que éstos las implementan. El capítulo concluye con un debate sobre el alcance e impacto de las exenciones y las tasas de reducción dentro de los impuestos relacionados con el medio ambiente.

* La información estadística para Israel se proporcionó bajo la responsabilidad de las autoridades israelíes correspondientes. El uso de dicha información por parte de la OCDE se efectúa sin menoscabo del estatuto de los Altos del Golán, Jerusalén Oriental y los asentamientos israelíes en Cisjordania, bajo los términos de las leyes internacionales.

Todos los países de la OCDE buscan mejorar el modo de enfrentar los retos ambientales. Si bien existen muchas maneras de hacerlo, una de las más interesantes es el movimiento hacia las acciones “verdes” del gobierno. Las políticas fiscales del gobierno (tanto en los ingresos como en los gastos) tienen un alto impacto en la economía. Los movimientos hacia un enfoque en la política pública fiscal más consciente del medio ambiente pueden traducirse en un cambio de las conductas dentro de una economía más grande.

En particular, el sistema tributario se entiende como el medio con el que los gobiernos pueden ejercer una influencia específica sobre las decisiones de las empresas y los individuos. Desde hace tiempo, los gobiernos han sido conscientes de los impactos del sistema tributario en el empleo, la formación y expansión de las empresas, y los patrones de consumo y, por lo tanto, han intentado generalmente recaudar los ingresos sin distorsionar los patrones de consumo ni obstaculizar las decisiones de inversión. Pueden utilizarse muchas de las mismas ideas en el campo de los impuestos relacionados con el medio ambiente; sin embargo, un objetivo de los impuestos ambientales es desviar los patrones de consumo y producción, así como reducir el tamaño de la base de impuestos, acción que difiere mucho de los objetivos de la mayoría de los tipos de impuesto.

2.1. Los ingresos a partir de los impuestos ambientales en distintos países

Aunque el concepto de los impuestos relacionados con el medio ambiente se ha convertido más bien en una parte del diálogo de la política pública entre gobiernos en las últimas décadas, todos los países de la OCDE recaudan ingresos a través de los impuestos relacionados con el medio ambiente, y lo han hecho durante varios años. Dada la definición explicada a grandes rasgos en el Recuadro 2.1, ésta engloba una amplia gama de impuestos, por ejemplo, el destinado al consumo de combustibles fósiles, impuestos de registro de vehículos motorizados, impuestos sobre la contaminación del agua y los desechos. Existen diferencias significativas entre los distintos países, que reflejan las realidades históricas y la variación dentro de los sistemas tributarios. En la Gráfica 2.1 se muestra que los impuestos relacionados con el medio ambiente representan una parte pequeña pero significativa de las fuentes de ingreso del gobierno, con un promedio de 2% del producto interno bruto (PIB).

Es evidente que Dinamarca y los Países Bajos son líderes entre los países de la OCDE en cuanto al ingreso generado por los impuestos relacionados con el medio ambiente, y sus participaciones han sido altas durante un periodo de 12 años, en comparación con la disminución general en los países de la OCDE. Una característica sobresaliente es la de las diferencias geográficas actuales. Los cuatro países en América generalmente presentan los niveles más bajos de ingresos provenientes de los impuestos relacionados con el medio ambiente. Tres de los cuatro países de la OCDE en el Pacífico presentan niveles por debajo del promedio aritmético. En el extremo más alto, los países europeos tienen los niveles más altos de ingresos provenientes de las bases tributarias relacionadas con el medio ambiente. Esto es congruente con la relación relativamente alta entre los ingresos fiscales y el PIB en

los países europeos. En el caso de Dinamarca, la razón de ingresos fiscales contra el PIB es la más alta entre todos los países de la OCDE.

México es un caso interesante, en el que la ganancia a partir de los impuestos relacionados con el medio ambiente resultó negativa en 2008. Como en muchos países, la gran mayoría de las ganancias normalmente se derivan de los impuestos sobre los combustibles de motor. El impuesto mexicano sobre el combustible es una estructura única en el sentido de que puede actuar de manera inversa a los cambios precipitados que se presentan en los precios del petróleo. En 2002, los precios del petróleo fueron bastante bajos, lo que resultó en tasas fiscales relativamente altas. En 2008, sin embargo, los precios del petróleo se han incrementado significativamente, resultando en la tasa efectiva de impuestos de combustible, y por lo tanto el ingreso fiscal se tornó negativo.

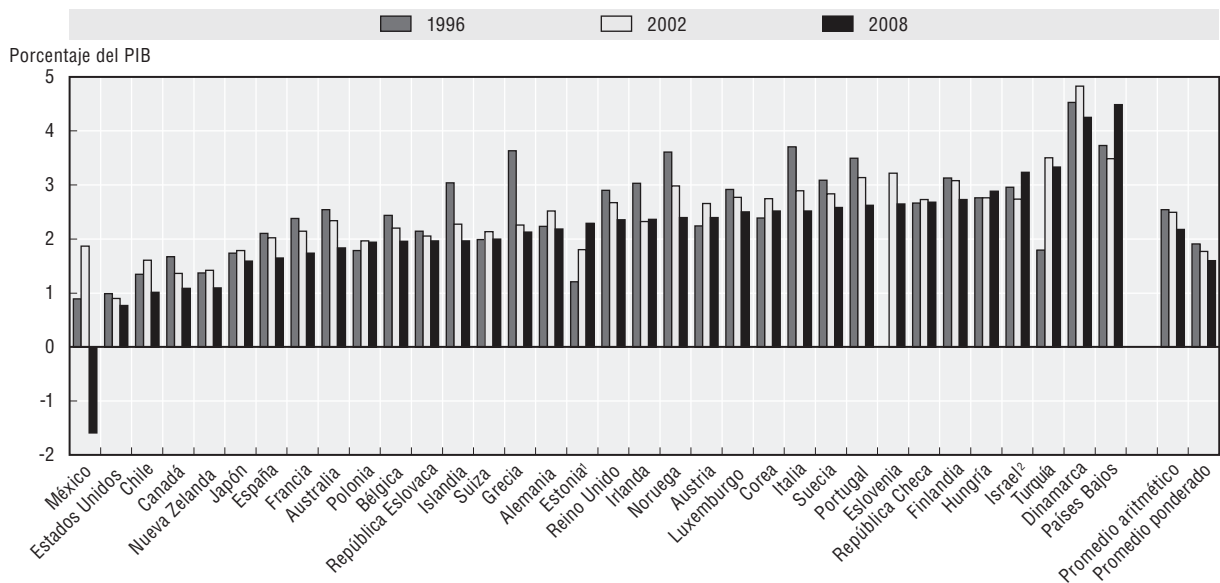
Recuadro 2.1. Definición de los impuestos relacionados con el medio ambiente

La OCDE, la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) y la Comisión Europea han acordado definir los impuestos relacionados con el medio ambiente como cualquier pago obligatorio sin contrapartida cobrado por el gobierno general sobre bases fiscales consideradas de relevancia medioambiental particular. Las bases fiscales relevantes incluyen los productos energéticos, los vehículos motorizados, los desechos, las emisiones medidas o estimadas, los recursos naturales, etcétera. Son impuestos sin contrapartida en el sentido de que los beneficios que el gobierno proporciona a los contribuyentes no se ofrecen normalmente en proporción a sus pagos. Los pagos obligatorios al gobierno sin contrapartida que se recaudan más o menos en proporción con los servicios ofrecidos (por ejemplo, la cantidad de desechos recolectados y tratados) pueden etiquetarse como tarifas y cargos. El término *exacción* cubre tanto los impuestos como los cargos o tarifas.

Fijar cualquier definición de los impuestos relacionados con el medio ambiente es un asunto inherentemente problemático. Los impuestos pueden haberse implementado por diversas razones, especialmente la recaudación de ganancias en general, con poca o nula consideración por el medio ambiente. Por otra parte, es probable que algunos impuestos se hayan implementado sin una evaluación estricta de los costos y los daños de la contaminación, resultando en tasas no óptimas. El intento por diferenciar los impuestos con base en la motivación del gobierno o bien excluir algunos impuestos debido a su diseño presentaría, desde luego, retos importantes. Por lo tanto, se ha utilizado una definición amplia que considera sólo el tipo de base fiscal, no la intención o adecuación del instrumento.

Cabe destacar que los impuestos de base amplia, como el impuesto al valor agregado (IVA), cuya base fiscal incluye aquéllos que pueden estar relacionados con el medio ambiente, no se consideran en este informe como impuestos ambientales relacionados con el medio ambiente. Además, no se incluyen las ganancias a partir de la venta de permisos negociables y las ganancias que provienen de los derechos sobre los recursos naturales.

Asimismo, al analizar el ingreso por los impuestos relacionados con el medio ambiente en comparación con el ingreso fiscal total, que refleja la importancia de los ingresos globales de los presupuestos gubernamentales, puede observarse la misma tendencia que en la Gráfica 2.2. Las delimitaciones geográficas son un poco menos pronunciadas y las diferencias entre los distintos países parecerán menos graves. Es más pronunciada la dependencia en los impuestos relacionados con el medio ambiente en algunos países como Corea, que tiene un coeficiente impuestos-PIB alto. Turquía destaca por haber aumentado significati-

Gráfica 2.1. Ingresos de los impuestos ambientales como porcentaje del PIB

1. Estonia es un país que está en vías de adherirse a la OCDE y no se ha incluido en los promedios.
2. La información estadística para Israel se proporcionó bajo la responsabilidad de las autoridades israelíes correspondientes. El uso de dicha información por parte de la OCDE se efectúa sin menoscabo del estatuto de los Altos del Golán, Jerusalén Oriental y los asentamientos israelíes en Cisjordania, bajo los términos de las leyes internacionales.

Fuente: Base de datos de la OCDE/EEA o instrumentos de política ambiental.

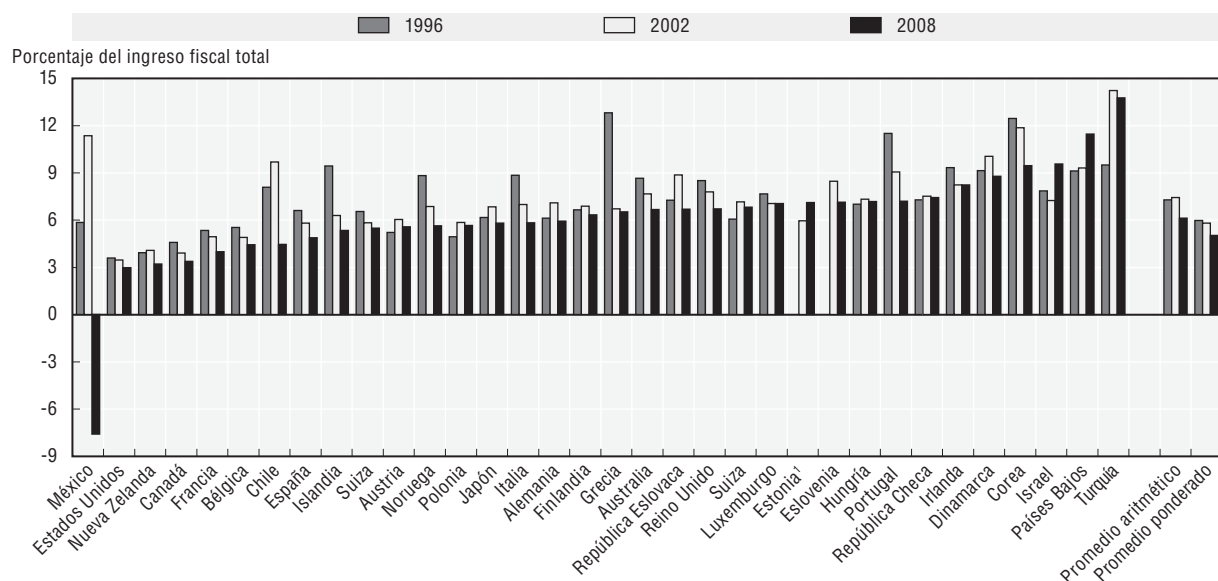
<http://dx.doi.org/10.1787/888932317179>

vamente su participación en el ingreso fiscal a partir de las bases relacionadas con el medio ambiente, de tal modo que los ingresos fiscales ahora representan casi 15% del ingreso fiscal global, mucho mayor que los demás miembros de la OCDE. Este enfoque es parte de una reforma más extensa en Turquía para recaudar más en el ingreso al consumo y menos en otros recursos, como los impuestos sobre la renta y sobre sociedades. Los impuestos más altos a los combustibles fósiles han sido parte premeditada de sus planes de desarrollo nacionales que buscan el desarrollo más sustentable, dando como resultado precios más altos de los combustibles fósiles en algunos de los países de la OCDE. Por otro lado, se ha reducido considerablemente el nivel relativo de los impuestos relacionados con el medio ambiente sobre un periodo de diez años en países como Grecia, México y Portugal.

La volatilidad de las cifras a lo largo de los años puede explicarse debido a varias razones. Por un lado, el nivel del ingreso real correspondiente a los impuestos ambientales se podría haber modificado como consecuencia de las variaciones en las tasas o de la cantidad de contaminantes emitidos. Por otro, ha habido cambios en otros ingresos del gobierno —por ejemplo, las tasas de los impuestos sobre la renta o de las sociedades— o variaciones en las bases sobre las cuales se recaudan los impuestos, como la recesión económica que podría restringir los ingresos fiscales.

A pesar de la volatilidad, existe aún una disminución global relativa del ingreso con el tiempo, según se observa en los promedios de las Gráficas 2.1 y 2.2. Diversos temas contribuyen a esta tendencia:

- En este periodo, los precios del petróleo han aumentado considerablemente reduciendo así la demanda y contribuyendo a los niveles de ingresos a la baja para estos recursos en comparación con otras partes de la economía.

Gráfica 2.2. Ingresos de los impuestos ambientales como porcentaje de los ingresos fiscales

1. Estonia es un país en vías de adhesión a la OCDE, y no se ha incluido en los promedios.
2. La información estadística para Israel se proporcionó bajo la responsabilidad de las autoridades Israelíes correspondientes. El uso de dicha información por parte de la OCDE se efectúa sin perjuicio del estatuto de los Altos del Golán, Jerusalén Oriental y los asentamientos israelíes en la Ribera Occidental, bajo los términos de las leyes internacionales.

Fuente: Base de datos de la OCDE/EEA o instrumentos de política ambiental.

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317198>

- A medida que se construyen los impuestos relacionados con el medio ambiente (usualmente impuestos al consumo) se recaudan por unidad de producción (por ejemplo, EUR 0.10 por litro de gasolina), la inflación funciona para reducir el impacto del impuesto a largo plazo. El valor nominal de la tasa de impuestos puede permanecer igual, pero el valor real disminuye, en lo que difiere de otros ingresos fiscales basados en el porcentaje (por ejemplo, los impuestos al valor agregado). La resistencia política ante los impuestos aumenta y hasta puede exacerbar dichas bajas, lo cual lleva a niveles tributarios que pueden desalinearse dentro de los argumentos iniciales del nivel de la tasa tributaria. Después de años sin cambio nominal en la tasa de impuesto, se presentan, en compensación, aumentos importantes a corto plazo.
- El aumento en los sistemas de comercio de emisiones (que tienen características similares a las de los impuestos) implica que algunos países introducen dichos sistemas mientras que reducen simultáneamente los impuestos en una base semejante. Según se describe en la Sección 2.5, los ingresos recaudados por medio de la subasta de los permisos negociables no se incluyen en las cifras de los impuestos relacionados con el medio ambiente. Hasta ahora los ingresos han sido modestos.
- De la misma manera, algunos países se han alejado de los impuestos en favor de las tarifas sobre las mismas bases (que igualmente no se incluyen en las cifras anteriores), especialmente en el área de transporte.
- Finalmente, existe la posibilidad de que pueda atribuirse un poco del impacto a la efectividad de los impuestos mismos, para reducir la cantidad de contaminantes (y por lo tanto de los ingresos fiscales).

Como medida para contrarrestar esta tendencia, diversos países europeos han implementado las tasas tributarias ajustadas a la inflación. Estas acciones eliminan la necesidad política de instituir los aumentos relacionados con la inflación y crean tasas tributarias más homogéneas año con año. En Dinamarca, por ejemplo, como parte del proceso presupuestario de 2009, se estableció la indización automática de la inflación a los impuestos a la energía (incluyendo los combustibles de motor).

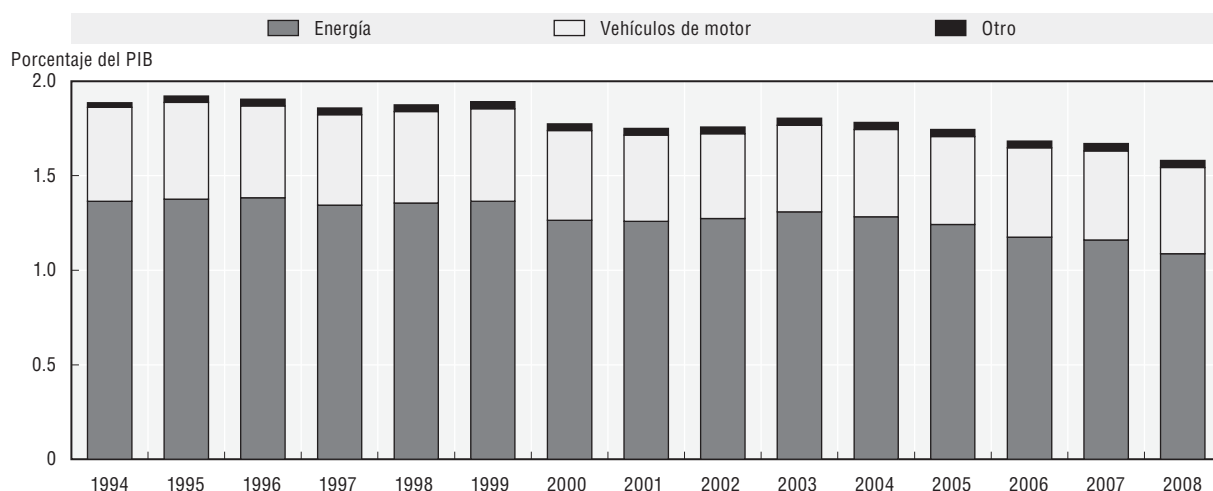
Vale la pena destacar que el nivel de los ingresos recaudados a partir de los impuestos relacionados con el medio ambiente no debe considerarse necesariamente una medida del “respeto al medio ambiente” de un país, o de su sistema tributario global. En primer lugar, los impuestos pueden no estar diseñados en el óptimo, de tal modo que no producen el cambio de conducta deseado, y sus tasas pueden establecerse también fuera del óptimo, lo que no refleja necesariamente el daño ambiental que causan, a pesar del hecho de que puedan recaudar ingresos importantes. Varios países han comenzado a mejorar el diseño de sus impuestos relacionados con el medio ambiente sin incrementar necesariamente los ingresos. Además, los países pueden poner énfasis en el uso de instrumentos que respondan a los retos ambientales y por ende se obtienen resultados ambientales similares sin los ingresos que se generan a partir de los impuestos relacionados con el medio ambiente, aunque esto sucede frecuentemente a un costo más alto en comparación con los impuestos ambientales que se habían utilizado. Finalmente, las diferencias estructurales entre las economías de los distintos países desempeñan un papel en el tema (por ejemplo, algunos países pueden tener industrias más intensivas en la generación de emisiones debido a las actividades que se desarrollan en lugares específicos).

2.2. Impuestos aplicados a contaminantes específicos

Los impuestos relacionados con el medio ambiente han evolucionado durante muchas décadas. En ese lapso, diversos eventos locales e internacionales han impactado las políticas públicas ambientales. El resultado es que, en la mayoría de los países de la OCDE, existe una amplia gama de impuestos y cobros que tal vez no siempre estén en línea con los daños pertinentes. Los diferentes contaminantes traen como consecuencia daños distintos al medio ambiente. A veces, se presentan tasas de impuesto altas sobre contaminantes más benignos, mientras que no se gravan impuestos sobre contaminantes más dañinos. Además, se gravan de manera radicalmente distinta los que tienen base en la fuente o el emisor de dicho contaminante.

La gran mayoría de las ganancias relacionadas con los impuestos ambientales provienen de los impuestos a la energía; de las cuales, los impuestos sobre los combustibles de motores constituyen prácticamente todo el ingreso. Como se observa en la Gráfica 2.3, los ingresos a partir de estos impuestos energéticos justifican alrededor de dos tercios de los ingresos totales. Además, la “otra” categoría, aunque sea pequeña, ha aumentado relativamente en este periodo en comparación con otras categorías.

La composición de los impuestos relacionados con el medio ambiente varía también entre los distintos países, como se muestra en la Gráfica 2.4. Países como Polonia, la República Eslovaca y Luxemburgo¹ dependen significativamente de los impuestos energéticos. Los gravámenes sobre los vehículos motorizados constituyen una parte importante de la ganancia total en Dinamarca, los Países Bajos, Irlanda y Noruega. Finalmente, los Países Bajos destacan por su uso relativamente amplio de “otros” impuestos relacionados con el medio ambiente.

Gráfica 2.3. Composición de los ingresos fiscales relacionados con el medio ambiente en la OCDE

Fuente: Base de datos de la OCDE/EEA o instrumentos de política pública ambiental.

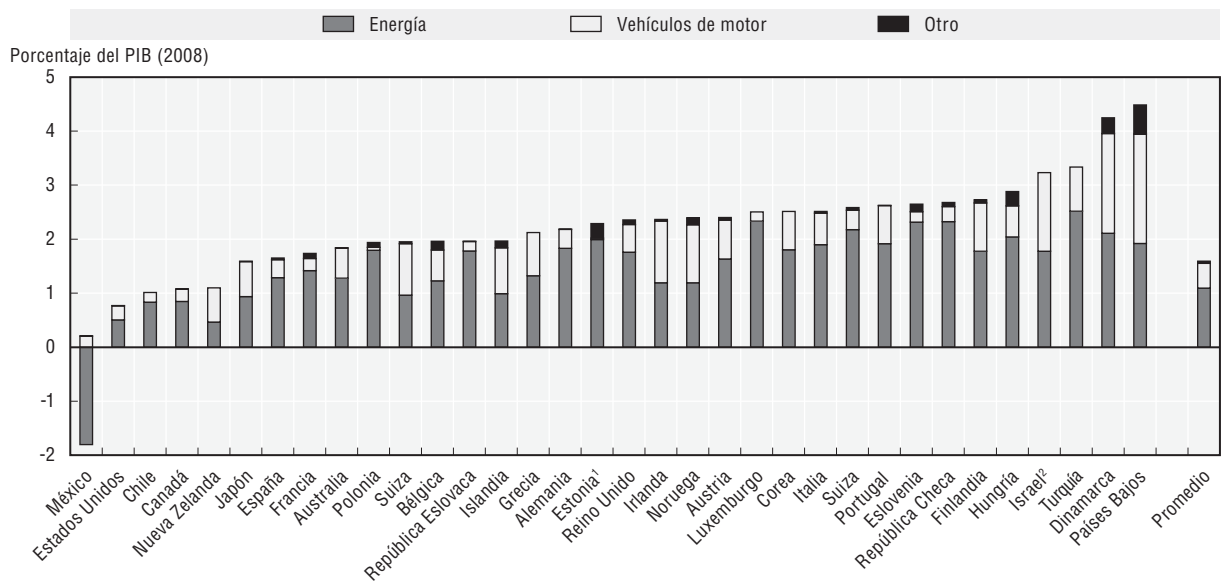
<http://dx.doi.org/10.1787/888932317217>

2.2.1. Impuestos sobre el combustible para motores y los vehículos motorizados

Combustible para motor

Los impuestos al consumo sobre los combustibles han existido desde hace muchos años, originalmente motivados por necesidades exclusivamente no ambientales (por ejemplo, la generación global de ingresos o a veces destinados a proyectos específicos de infraestructura). Los ingresos generados a partir de estos impuestos son bastante elevados, como consecuencia del alto nivel de consumo en los países de la OCDE. En la Gráfica 2.5 se presentan las diferentes tasas de impuestos al consumo sobre la gasolina y el diesel en los países de la OCDE, para los años 2000 y 2010. De manera similar al análisis anterior, se presentan agrupamientos claros por región geográfica. América del Norte tiene los impuestos más bajos sobre la gasolina, seguido de los países de la OCDE en Asia y el Pacífico, y las naciones europeas tienen las tasas de impuestos considerablemente más altas. En comparación con otras de impuestos en la economía global, el nivel de tributación de impuestos sobre la gasolina es alto respecto a la base, con una carga total que excede generalmente 100% de los precios antes de impuestos. Estas tasas deben analizarse en el contexto del precio subyacente (que varía entre los distintos países debido a factores como el transporte) y la presencia de otros impuestos, como el IVA, por ejemplo.

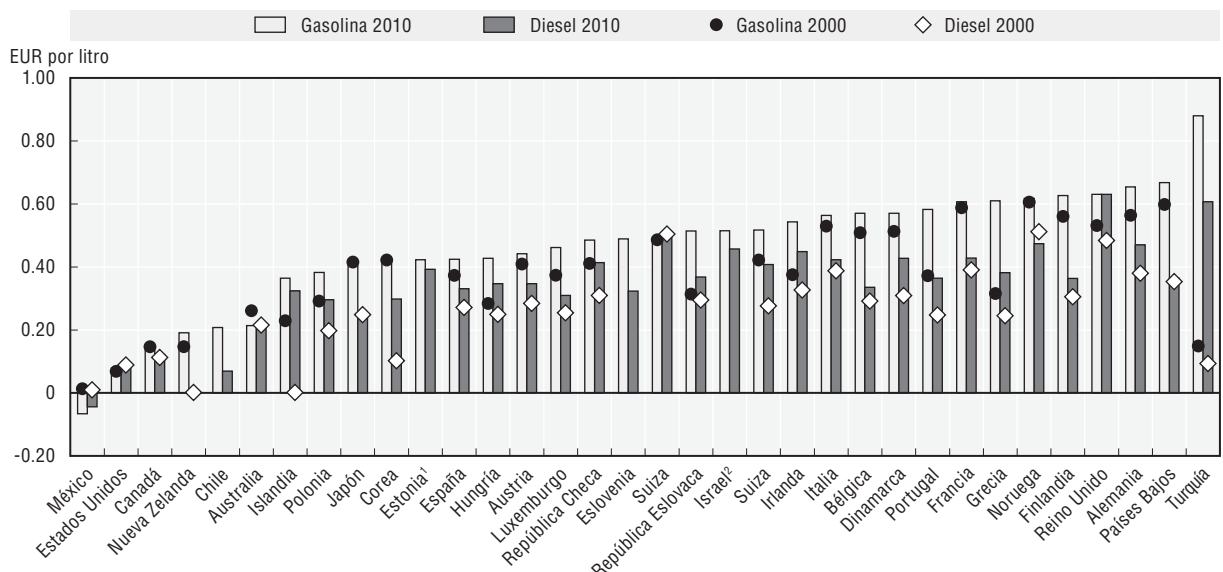
En casi todos los países, los niveles tributarios sobre ambos combustibles han aumentado en los últimos diez años, y en Turquía se observan aumentos importantes. Islandia pasó de cero impuestos sobre el diesel en 2000 a una tasa fiscal cercana a la de la gasolina, en combinación con los cambios en los impuestos a los vehículos de diesel. En Grecia también se han visto aumentos significativos en las tasas de impuestos, especialmente sobre la gasolina. Esto sucedió principalmente entre 2009 y 2010 como manera de apoyar la consolidación de los ingresos del gobierno en respuesta a las fuertes presiones presupuestarias. Finalmente, México es el único país de la OCDE con una tasa de impuestos al consumo negativa efectiva debido a los altos precios internacionales del petróleo crudo en 2009. Debe mencionarse que los niveles tributarios son las tasas anunciadas (o *headline*) y no reflejan el hecho de que existen múltiples tasas o exenciones para usos o usuarios específicos.

Gráfica 2.4. Composición de los ingresos tributarios relacionados con el medio ambiente por país

1. Estonia es un país en vías de adhesión a la OCDE y no se ha incluido en el promedio.
2. La información estadística para Israel se proporcionó bajo la responsabilidad de las autoridades israelíes correspondientes. El uso de dicha información por parte de la OCDE se efectúa sin menoscabo del estatuto de los Altos del Golán, Jerusalén Oriental y los asentamientos israelíes en Cisjordania, bajo los términos de las leyes internacionales.

Fuente: Base de datos de la OCDE/EEA, así como instrumentos de política ambiental.

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317236>

Gráfica 2.5. Tasas de impuestos sobre los combustibles para motor

Notas: Las tasas están en 01.01.2010 y 01.01.2000 y se convirtieron usando la tasa de cambio promedio de 2009. Los datos para Estados Unidos de América y Canadá incluyen el promedio de los impuestos al consumo. No se incluye el IVA.

1. Estonia es un país en vías de adhesión a la OCDE.
2. La información estadística para Israel se proporcionó bajo la responsabilidad de las autoridades israelíes correspondientes. El uso de dicha información por parte de la OCDE se efectúa sin menoscabo del estatuto de los Altos del Golán, Jerusalén Oriental y los asentamientos israelíes en Cisjordania, bajo los términos de las leyes internacionales.

Fuente: Base de datos de la OCDE/EEA, así como instrumentos de política ambiental.

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317255>

Es interesante hacer notar que, además, los niveles de impuestos al consumo para el combustible diesel son considerablemente menores que los de la gasolina. Sólo dos países, Suiza y Estados Unidos de América, tienen un nivel de impuestos más alto para diesel que para la gasolina; Australia y el Reino Unido presentan tasas iguales para ambos tipos de combustible. La mayoría de las tasas de diesel se sitúan entre 70% y 80% del rango de la gasolina, y Nueva Zelanda no recauda ningún impuesto especial sobre el diesel.² Desde el punto de vista del medio ambiente, esto es extraño, ya que el consumo de diesel en vehículos presenta un impacto mucho mayor al medio ambiente que el de la gasolina, debido especialmente a las diferencias en las emisiones de NO_x y de partículas. Con normas más estrictas en materia de los vehículos motorizados, la diferencia se minimiza. Las diferencias en los impuestos sobre el combustible también pueden tener un impacto significativo en el comportamiento del consumidor, como se observa en el Recuadro 2.2.

Recuadro 2.2. Los impuestos sobre los combustibles para motores en Turquía

Turquía tiene la tasa de impuestos sobre la gasolina más alta de todos los países de la OCDE, y esta tasa fiscal ha aumentado de manera importante durante la última década. Turquía tuvo un nivel de paridad de poder adquisitivo per cápita de sólo 37% del promedio para la OCDE en 2007; sin embargo, sus impuestos relacionados con el medio ambiente están entre los más altos en la OCDE. Cabe mencionar que Turquía ha incrementado dichos impuestos junto con las tasas fiscales sobre muchos bienes de lujo. La economía de Turquía es mucho menos dependiente de los vehículos personales que otros países de la OCDE, con sólo 117 vehículos por mil personas en 2005, en comparación con el promedio de la OCDE de 606 vehículos por cada mil personas (Banco Mundial). Como tales, los impuestos sobre los combustibles pueden formar una manera de tributación de impuestos progresiva (a diferencia de los países de mayor ingreso donde los impuestos energéticos se consideran agresivos).

En Turquía, la gasolina tiene impuestos significativamente más altos que el diesel o el gas licuado del petróleo (GLP), con una influencia significativa en los patrones de consumo. Junto con el precio más bajo del impuesto al consumo por litro de GLP, la tasa de impuestos más baja ha impulsado un cambio significativo hacia los vehículos que funcionan con GLP. Entre 2003 y 2007, el número de vehículos equipados para funcionar con GLP se incrementó de 800 mil a más de 1.8 millones. También se presentó un cambio importante en los combustibles estándares, con un consumo total de gasolina relativamente fijo y un incremento considerable en el consumo de diesel. Como porcentaje del PIB, disminuyó considerablemente el uso de la gasolina. Esta tendencia sugiere que los impuestos (y los precios subyacentes) pueden tener un gran impacto en el comportamiento del consumidor.

En estas categorías amplias de gasolina y diesel, las tasas fiscales también varían con base en las características del combustible. Cuando aún estaba ampliamente disponible la gasolina con plomo, los gobiernos solían gravar sus impuestos en una tasa más alta que la gasolina sin plomo. En el contexto actual, varios países diferencian entre la tasa fiscal basada en otros criterios relacionados con las características del combustible, como el nivel del contenido de azufre y la proporción que contiene de combustibles renovables.

En la Gráfica 2.5 se resume el nivel actual de los impuestos sobre la gasolina en la OCDE, sin embargo, resulta difícil saber si está en el nivel correcto. Se considera una multitud de factores en la determinación de la tasa: el daño al medio ambiente, el uso de carreteras, el costo de los accidentes vehiculares y la necesidad general de los gobiernos de recaudar los

ingresos. En el Recuadro 2.3 se describe lo que un estudio sugiere como los impuestos óptimos sobre la gasolina en California, Estados Unidos de América.

Recuadro 2.3. Externalidades múltiples y el impuesto óptimo para California

Un ejemplo que anticipó el asunto de la externalidad múltiple es el cálculo de los impuestos óptimos sobre la gasolina. Por supuesto que los gravámenes tienen un impacto ambiental importante, en los ámbitos global y local, aunque se recaudan por varios motivos distintos. Sin embargo, determinar los impuestos “óptimos” requiere un análisis de los diversos impactos que puede tener el uso de combustibles. En primer lugar, los gobiernos necesitan recaudar ingresos de diversas fuentes para subsidiar los servicios públicos. Como la teoría económica sugiere que el cambio de preferencias del consumidor lleva a la pérdida de bienestar, los impuestos deberían enfocarse a los bienes que no varían con los cambios de precios, o sea, los que son inelásticos al precio. Los combustibles para motores cumplen con este criterio. Además, los impuestos “óptimos” sobre los combustibles deben intentar corregir las externalidades negativas, que son efectos indeseados que acumulan otros a partir de las acciones de un individuo. En el caso del medio ambiente, la combustión del combustible fósil generada por un individuo emite contaminantes que afectan negativamente a otros (sin que éstos reciban compensación). Por lo tanto, los impuestos deberían resumir diversas externalidades ambientales. Finalmente, existen otras externalidades que se asocian con los combustibles para motores. Al conducir, por ejemplo, los accidentes que ocurren, imponen un costo en los contribuyentes y el congestionamiento disminuye el bienestar de otros conductores. En total, el impuesto “óptimo” sobre los combustibles para motores integra todos estos factores al establecer la tasa fiscal. Por lo tanto, los impuestos relacionados con el medio ambiente van más allá de las consideraciones ambientales, puesto que se concentran en la base.

En su análisis relacionado con California, EUA, Lin y Price (2009) encontraron una tasa óptima de impuestos sobre la gasolina de USD\$ 0.36 por litro sin impuesto sobre las ventas. La mayoría del impuesto se basa en las externalidades (USD\$ 0.22 por litro), del cual USD\$ 0.02 es para la contaminación global (por ejemplo, el cambio climático)* y USD\$ 0.04 es para la contaminación local. El resto se asocia con la congestión del tránsito, los accidentes y la dependencia del petróleo. El componente mayor (USD\$ 0.14 por litro) se atribuye a lo atractivo que resulta gravar impuestos sobre la gasolina debido a que su demanda es relativamente inelástica al precio; los llamados impuestos de Ramsey.

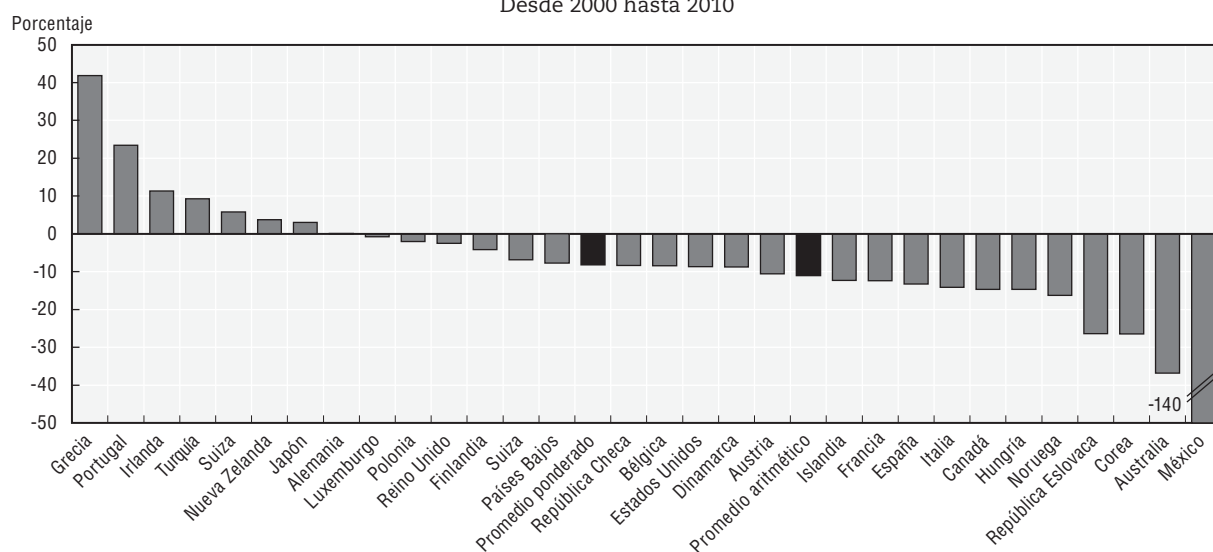
El componente del cambio climático es pequeño. Incluso el empleo de una metodología distinta que ponga mayor énfasis en el daño a partir del cambio climático tal vez no tendría un impacto significativo en la tasa fiscal global óptima. A modo de comparación, los impuestos al consumo actuales son menores de un tercio de este nivel “óptimo”. Aunque el componente ambiental del impuesto sobre la gasolina es bajo, cabe destacar que cuando la tasa de impuestos al consumo es menor del óptimo, se presentará un sobreconsumo, lo que induce a un daño ambiental excesivo. Según se indica en la OCDE (2006), las tasas fiscales sobre la gasolina en algunos países europeos podrían, sin embargo, estar arriba del nivel óptimo.

* El componente del cambio climático se tomó de otro estudio. Utilizar valores diferentes para el daño ambiental afectaría la magnitud de esta variable, pero es poco probable que tenga un gran impacto en el nivel óptimo del impuesto, debido a su contribución relativamente pequeña.

El aumento general de la tasa nominal de impuestos que se indica en la Gráfica 2.5 no aborda el tema de la medición de los impuestos contra su verdadero impacto en la influencia del comportamiento del consumidor y las ganancias del gobierno. En la Gráfica 2.6 se muestra el porcentaje real de cambio en la tasa total de impuestos sobre la gasolina (impuestos especiales, no IVA ni impuestos generales sobre la venta) entre las distintas

economías de la OCDE para el periodo 2000-2010. Diversas jurisdicciones han observado aumentos significativos en los impuestos reales sobre la gasolina, pero la mayoría no. Australia, por ejemplo, recortó la tasa nominal de impuestos sobre la gasolina. La tasa federal de Estados Unidos de América permaneció prácticamente fija en términos nominales, en ese periodo, mientras que en Grecia aumentó de manera significativa el impuesto sobre la gasolina como recaudamiento de ingresos, al final de 2009. Sin embargo, dichos aumentos no se mantuvieron a la par con la inflación, resultando en la disminución significativa en el efecto real de la tasa de impuestos. El cambio real promedio en la tasa de impuestos sobre la gasolina, para ese periodo, fue de -8.1% (disminución de 11.0% en el promedio aritmético).³ Esto, junto con el alza de precios del petróleo que produjo la reducción del consumo, puede tener un impacto en el ingreso total recaudado por el gobierno en relación con el medio ambiente.

Gráfica 2.6. Cambios reales en las tasas de impuestos sobre la gasolina
Desde 2000 hasta 2010



Nota: La tasa de impuestos constituye todos los gravámenes especiales recaudados de la gasolina, como en 01.01.2000 y 01.01.2010. Las tasas para Estados Unidos de América y Canadá incluyen tasas por debajo del nivel central. El promedio ponderado se considera a partir de los ingresos procedentes de los impuestos sobre la gasolina.

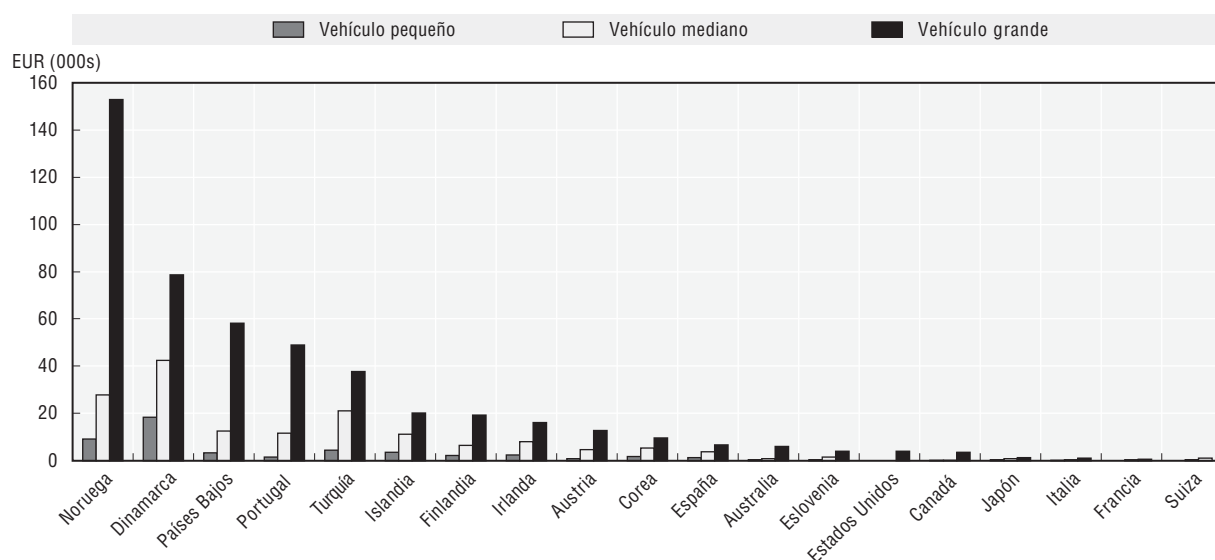
Fuente: Base de datos de la OCDE/EEA o instrumentos de política ambiental.

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317274>

Vehículos motorizados

Junto con los combustibles de motor, los impuestos sobre los vehículos motorizados son una fuente de ingreso para los gobiernos de la OCDE. Estos impuestos se dividen generalmente en dos categorías: de un solo pago (o sea que se recauda en la venta inicial o subsiguiente o en la importación al país) y de pagos recurrentes (los que se recaudan anualmente). Aunque en teoría son menos eficientes que los impuestos sobre los combustibles o las emisiones actuales desde un punto de vista ambiental, estos impuestos pueden desempeñar un papel importante en los efectos sobre los niveles de propiedad de automóviles y la composición nacional de vehículos. Además, dichos impuestos —especialmente los de una sola vez— pueden proporcionar un efecto sorpresivo en el costo en relación con el impacto ambiental que otros tal vez no, como se indica en la Gráfica 2.7.

Gráfica 2.7. Impuestos extraordinarios para los vehículos motorizados



Notas: Como en 01.01.2010. Impuestos únicos a los vehículos nuevos solamente. “Pequeño” se refiere a un automóvil de gasolina con una potencia de 53 kW, 6.5 l/100 km, 821 kg, motor de 1 000 cc, precios antes de impuestos de EUR 12 000; “mediano” se refiere a un automóvil de gasolina con una potencia de 132 kW, 9.4l/100 km, 1 468 kg, motor de 2400 cc, precios antes de impuestos de EUR 25 mil; “grande” se refiere a un automóvil/SUV de gasolina con una potencia de 300 kW, 16.8l/100 km, 2 587 kg, motor de 6 200 cc, precios antes de impuestos de EUR 45 mil. Los países con componentes de CO₂ en los impuestos sobre los vehículos motorizados se calculan con base en la eficiencia del combustible. En el caso de los países con gobiernos subnacionales que recaudan las tasas aplicables, se utilizan las siguientes jurisdicciones: Nueva Gales del Sur (Australia), Ontario (Canadá) y California (Estados Unidos de América). Estos niveles tributarios no incluyen los impuestos no relacionados con el medio ambiente, como el IVA, ni los componentes de los impuestos relacionados con el medio ambiente que varían considerablemente entre distintos vehículos de tamaño similar, como aquellos que se basan en las emisiones de NO_x de cada vehículo.

Fuente: Base de datos de la OCDE/EEA o instrumentos de política ambiental.

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317293>

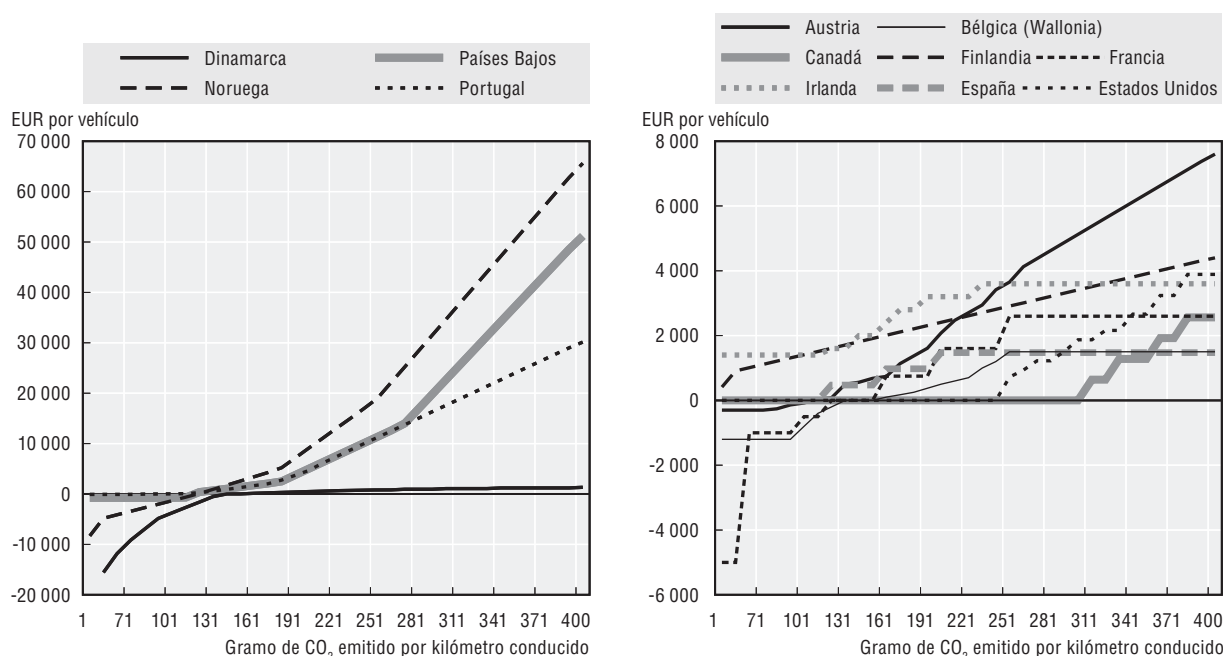
Está cambiando la manera de administrar los impuestos sobre los vehículos motorizados. Los países de la OCDE basan dichos cobros cada vez más en las características de los vehículos con el uso prominente de sus funciones ambientales; eficiencia en el consumo de combustible, emisiones de CO₂ por kilómetro, potencia del motor y peso.⁴ En varios casos, se utiliza más de uno de estos factores para derivar la carga fiscal total por vehículo. Éste es el caso en Noruega, donde se utilizan las emisiones de CO₂, el peso del vehículo y la potencia del motor para calcular el nivel de impuestos. Junto con las altas tasas de impuestos para cada artículo, el resultado es que Noruega tiene niveles considerablemente mayores de impuestos de un solo pago para vehículos grandes que el resto de la OCDE, mientras que Dinamarca tiene los impuestos más altos para los vehículos pequeños y medianos, como puede observarse en la Gráfica 2.7. En algunos casos, la carga fiscal, especialmente para los vehículos más grandes y contaminantes, puede representar varias veces el cien por ciento del precio neto libre de impuestos del vehículo.

La construcción de algunos de estos impuestos exige un cobro considerable para los vehículos de alta emisión de contaminantes. Muchos de los impuestos de los países incluyen fórmulas con distintas variables. En la Gráfica 2.8 se muestra sólo el componente de la carga fiscal (o el nivel de subsidio en algunos casos) de los vehículos en relación con sus emisiones de CO₂ (o la eficiencia energética) en los países de la OCDE. La OCDE (2009b) demuestra que estos impuestos pueden ser altamente progresivos con el aumento de los niveles de emisiones, como en el caso de Noruega y Portugal. Además, el componente

basado en CO₂, de cuatro países (Austria, Finlandia, Irlanda y España) depende del precio antes de impuestos del vehículo, y en varios países, las tasas fiscales difieren entre los vehículos de gasolina y de diesel.

En la Gráfica 2.9 se convierten estos niveles tributarios del componente único de CO₂ en el valor equivalente por tonelada de CO₂ que se emite durante la vida útil de los vehículos, asumiendo que cada vehículo recorra 200 000 km. La tasa uniforme por tonelada de CO₂ proporcionaría un impuesto constante sobre las emisiones, congruente con el daño al medio ambiente. Los impuestos sobre el combustible funcionan del siguiente modo: existe una tasa fija para los impuestos sin importar la cantidad que se consuma. Aproximadamente la mitad de los países de la OCDE, que utilizan el impuesto único de emisiones de CO₂ sobre los vehículos motorizados, presentan precios de carbono negativos implícitos en ciertos niveles, lo que indica que la sociedad está subsidiando efectivamente las emisiones de carbono mediante este instrumento fiscal. Por medio de los sistemas *bonus-malus* establecidos, aumentan los precios implícitos del carbono (a veces dramáticamente) conforme se aumentan las emisiones por kilómetro. Por otro lado, Irlanda y Finlandia han estructurado sus impuestos de tal modo que el precio del carbono disminuye efectivamente al aumentar la intensidad de las emisiones de carbono.

Gráfica 2.8. El componente de CO₂ de los impuestos extraordinarios
Vehículos motorizados a base de gasolina, 2010

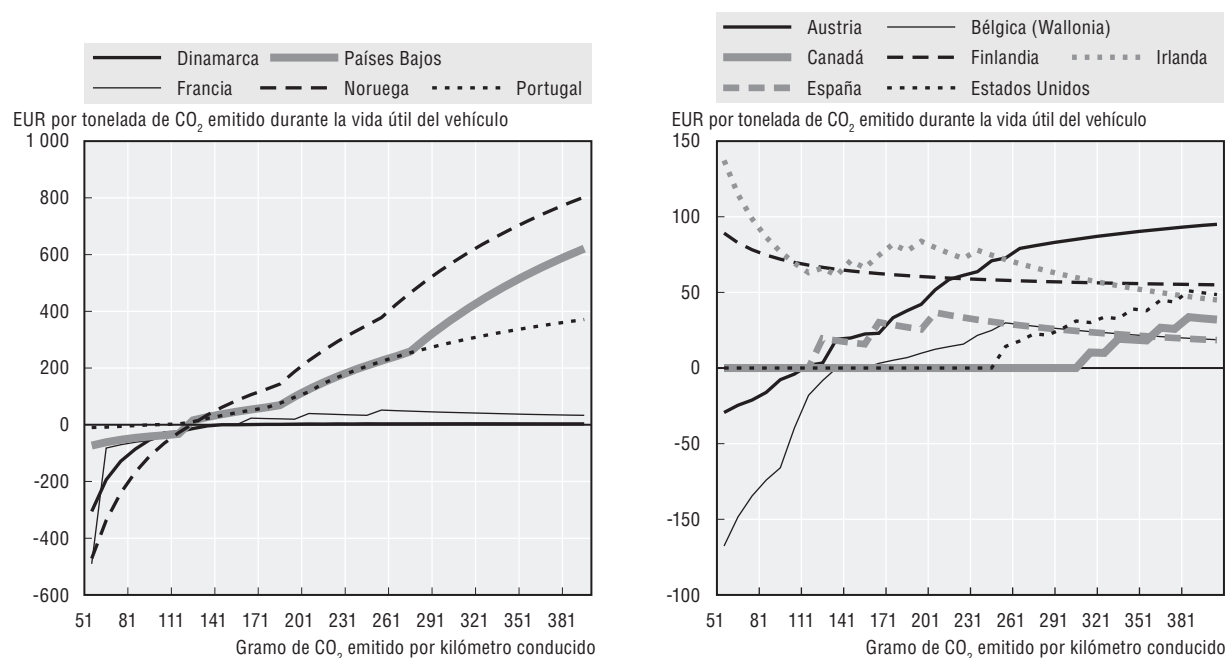


Notas: Los componentes fiscales de CO₂ para España, Irlanda, Finlandia y Austria también dependen del precio antes de impuestos del vehículo; para este ejercicio, se utilizó un vehículo de 10 000 EUR. Nótese que los ejes de los dos paneles son de distinta escala.

Fuente: Datos actualizados con base en OCDE (2009b).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317312>

Gráfica 2.9. Precio implícito del carbono e impuestos sobre los vehículos motorizados
Derivado sólo a partir del componente de CO₂ de los impuestos únicos
sobre los vehículos motorizados a base de gasolina



Notas: Los componentes fiscales de CO₂ para España, Irlanda, Finlandia y Austria también dependen del precio antes de impuestos del vehículo; para este ejercicio, se utilizó un vehículo de 10 000 EUR. La vida útil del vehículo se considera de 200 000 km. Nótese que los ejes de los dos paneles son de escala distinta.

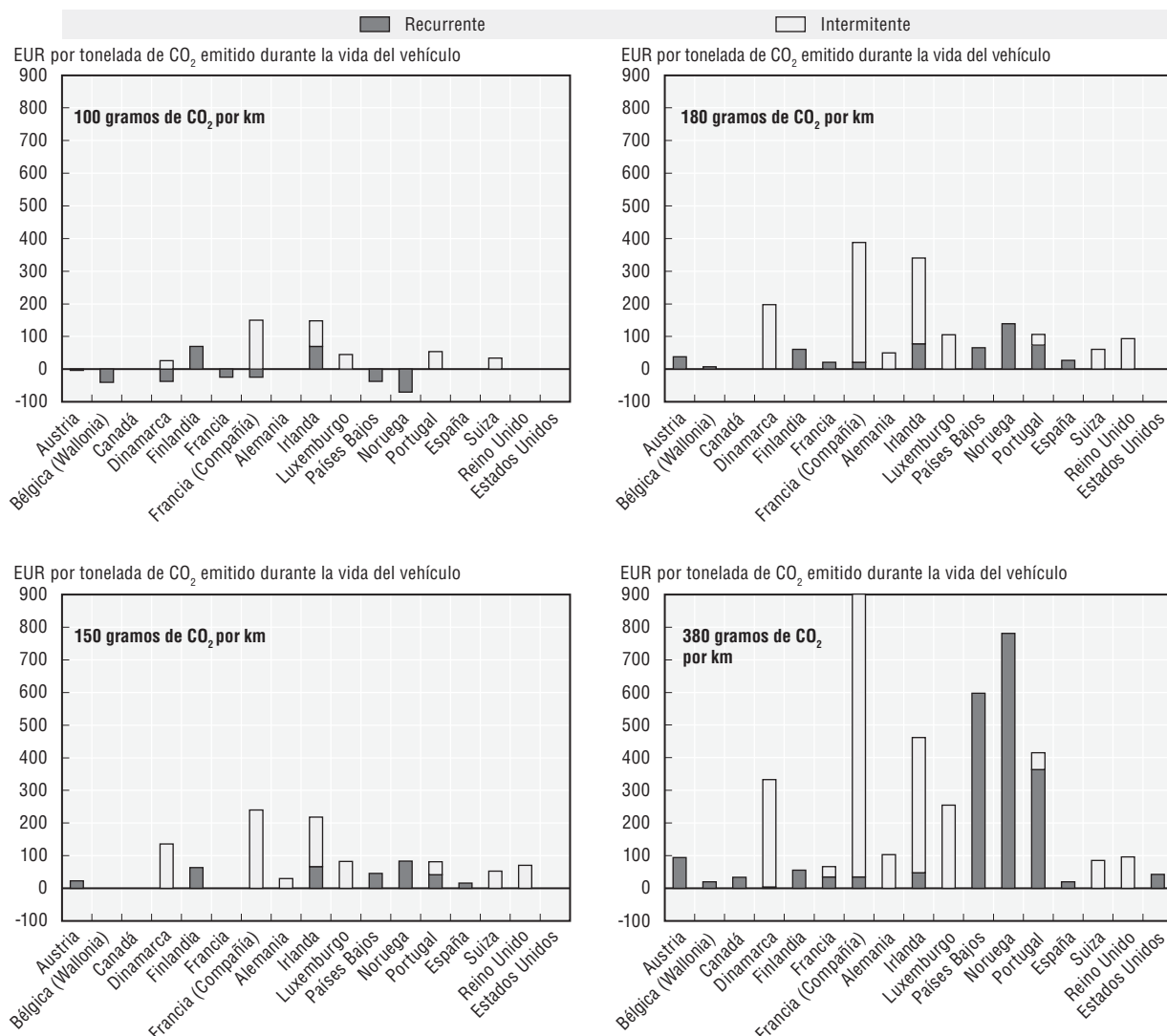
Fuente: Información actualizada con base en OCDE (2009b).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317331>

Al mismo tiempo, los impuestos recurrentes (anuales) sobre los vehículos motorizados también se han basado en las emisiones de CO₂ y la eficiencia del combustible en algunas economías de la OCDE, ofreciendo así incentivos adicionales para la reducción potencial. En algunos casos, como Irlanda y Portugal, tanto los impuestos recurrentes como los de pago único se relacionan con la intensidad de la emisión de CO₂ del vehículo. En la Gráfica 2.10 se proporciona un resumen del efecto total de los componentes de los impuestos de pago único y los recurrentes, con base en las emisiones de CO₂ (o la eficiencia energética), con base en los niveles de emisiones seleccionados. Se muestra que los países suelen preferir las tasas implícitamente progresivas para las emisiones de carbono de los vehículos motorizados, ya que los vehículos con una intensidad de emisiones de 380 g de CO₂/km tienen un precio de carbono implícito más alto que los vehículos con emisiones de 100 g de CO₂/km. Esto a pesar del hecho de que una tonelada de CO₂ emitida por un vehículo de bajas emisiones causa el mismo daño ambiental que una tonelada emitida por un vehículo de emisiones altas.

Estas tasas fiscales implícitas pueden alcanzar niveles importantes. Para los vehículos que emiten 380 g de CO₂/km, el precio implícito del carbono es de más de EUR 300 por tonelada en Dinamarca, Francia (para los vehículos de las empresas que usualmente tienen cargos recurrentes significativamente diferentes de los vehículos personales), Irlanda, los Países Bajos, Noruega y Portugal, por arriba de la tasa comercial del carbono y el UE ETS. Aunque este asunto arroja conclusiones interesantes, es importante recordar

Gráfica 2.10. Componentes totales de CO₂ de los impuestos sobre los vehículos motorizados
Precio implícito del carbono en los impuestos de pago único y recurrentes sobre las emisiones de CO₂
para vehículos motorizados impulsados por gasolina



Notas: No se ha utilizado ningún descuento para los impuestos recurrentes, donde el componente de CO₂ se relaciona también con el precio del vehículo, se ha utilizado un valor neto antes de impuestos de EUR 10 000. Se utilizó una vida útil vehicular de 200 000 km.

Fuente: Información actualizada con base en OCDE (2009b).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317350>

que los impuestos sobre los vehículos motorizados, tanto recurrentes como de pago único, son parte de esa gama de instrumentos, incluyendo los impuestos sobre los combustibles, otros componentes de los impuestos vehiculares únicos y recurrentes (como los impuestos de porcentaje directo y los impuestos basados en el peso y el tamaño del motor), y los precios de los caminos y carreteras y de congestiónamiento de tránsito, que tienen un impacto colectivo en el precio efectivo de las emisiones de CO₂.

2.2.2. Otros impuestos

Si bien la mayoría de los ingresos recaudados con los impuestos ambientales provienen de los vehículos motorizados y los combustibles para vehículos motorizados, diversos países también gravan impuestos sobre las bases de gravámenes relacionados con el medio ambiente. Estos impuestos cubren una amplia variedad de contaminantes. En Dinamarca, por ejemplo, se ha instituido una amplia gama de impuestos relacionados con el medio ambiente, desde los impuestos a cubiertos desechables hasta las cuotas de las bolsas de plástico, los focos eléctricos y el fósforo en el alimento para animales.

La tendencia hacia una utilización más alta de los impuestos puede observarse en la proliferación de dichos instrumentos en todos los países de la OCDE, como se resume en el Cuadro 2.1. Entre 2000 y 2010 se implementaron los impuestos nuevos en un número significativo de las economías de la OCDE (como los impuestos a las baterías y sobre las emisiones de NO_x y COV). De los 33 miembros de la OCDE, 25 ya están sujetos a algunas formas de cargos a los desechos.

A pesar de que los ingresos generados por dichos impuestos pueden ser pequeños, el impacto ambiental de éstos puede ser bastante grande debido al predominio de la elasticidad de precios absolutos usualmente más alta, debido en parte a la naturaleza más dirigida de estos impuestos sobre el contaminante actual. Sin embargo, al adoptar los impuestos de base potencialmente más estrecha, los gobiernos deben tener conocimiento del intercambio entre las políticas ambientales efectivas y la complejidad global y la carga administrativa del sistema tributario.

Aceite combustible liviano

Después de analizar los impuestos sobre los combustibles para vehículos motorizados en los distintos países de la OCDE, expondremos los impuestos sobre el aceite combustible liviano que sirve de comparación interesante. El aceite combustible liviano es, en términos técnicos, casi idéntico al combustible diesel utilizado en vehículos motorizados. En la mayoría de los casos, las tasas que se indican en la Gráfica 2.11 son significativamente más bajas que las de los combustibles similares para el uso de diesel en carretera, como se muestra en la Gráfica 2.5. En diversos países, el aceite combustible liviano simplemente no se grava a través de los instrumentos relacionados con el medio ambiente.

Emisiones de óxidos de nitrógeno

Las emisiones de óxido de nitrógeno (NO_x) contribuyen de manera significativa a la contaminación del aire, ya que esta familia de compuestos reacciona con otras sustancias para generar resultados negativos al medio ambiente y la salud. Por ejemplo, el NO_x contribuye al ozono al nivel de la tierra (esmog), la lluvia ácida, las partículas en el aire, el cambio climático y el deterioro de la calidad del agua, y se forma generalmente como resultado de la combustión. La normativa cada vez más estricta ha reducido considerablemente las emisiones de NO_x generadas por los vehículos motorizados; en Estados Unidos de América, por ejemplo, las emisiones de NO_x generadas por los vehículos motorizados disminuyeron 38% entre 1997 y 2008, aun con el incremento importante que se ha presentado en el número de automóviles y de kilómetros conducidos. Sin embargo, las estimaciones de EPA (2009) indican que 68% de las emisiones de NO_x en Estados Unidos de América en 2008 se generaron en fuentes estacionarias.

Por muchas de estas razones, algunos países de la OCDE han ido más allá de los reglamentos e implementan los impuestos directamente sobre las emisiones de NO_x en el aire, o los sistemas de permisos negociables implementados (como en Estados Unidos de

Cuadro 2.1. Alcance del uso de los instrumentos tributarios
Jurisdicciones con medidas fiscales seleccionadas relacionadas con el medio ambiente

	2000			2010		
NO _x	República Checa Francia Italia Suiza			Australia (ACT, NSW) Canadá (BC) República Checa Dinamarca	Francia Hungria Italia Noruega Polonia República de Eslovaquia	España (Aragón, Castilla-La Mancha, Galicia) Suecia Estados Unidos (ME) Estonia ¹
HFC y sustancias que agotan el ozono	Australia Canadá	República Checa Estados Unidos		Australia Canadá República Checa	Dinamarca Noruega	Polonia República de Eslovaquia Estados Unidos
COV (incl. Solv. clorados)	Dinamarca Noruega	Polonia	Suiza	Australia (ACT, NSW) Canadá (BC) República Checa	Dinamarca Corea Noruega Polonia	Eslovenia Suiza Estados Unidos (ME) Estonia ¹
Residuos	Bélgica Canadá (AB, BC, MB, NB, NS, ON, PE, QC, Federal) República Checa	Dinamarca Finlandia Francia Alemania Grecia Hungria Italia	Japón Corea Noruega Suecia Suiza Estados Unidos (AL, AR, RI, TX, Federal)	Australia (NSW, Federal) Austria (Burgenland, Viena, Federal) Bélgica Canadá (AB, BC, MB, NB, NL, NS, ON, PE, QC, SK, Federal) República Checa Dinamarca Finlandia Francia	Hungria Islandia Israel (a partir de 2011) Italia Japón Corea Países Bajos Noruega Polonia Portugal	República de Eslovaquia España (Andalucía, Cataluña, Madrid) Suecia Suiza Reino Unido Estados Unidos (AL, AK, AR, FL, IN, IA, KS, LA, MD, MS, MO, NE, NJ, NY, OH, RI, SC, TX, VA, WA, Federal)
Baterías	Bélgica Canadá (BC)	Dinamarca	Corea	Austria Bélgica Canadá (BC) Dinamarca Hungria	Islandia Italia Corea Polonia Portugal	República de Eslovaquia Suecia Suiza Estados Unidos (FL, MS, SC, TX)

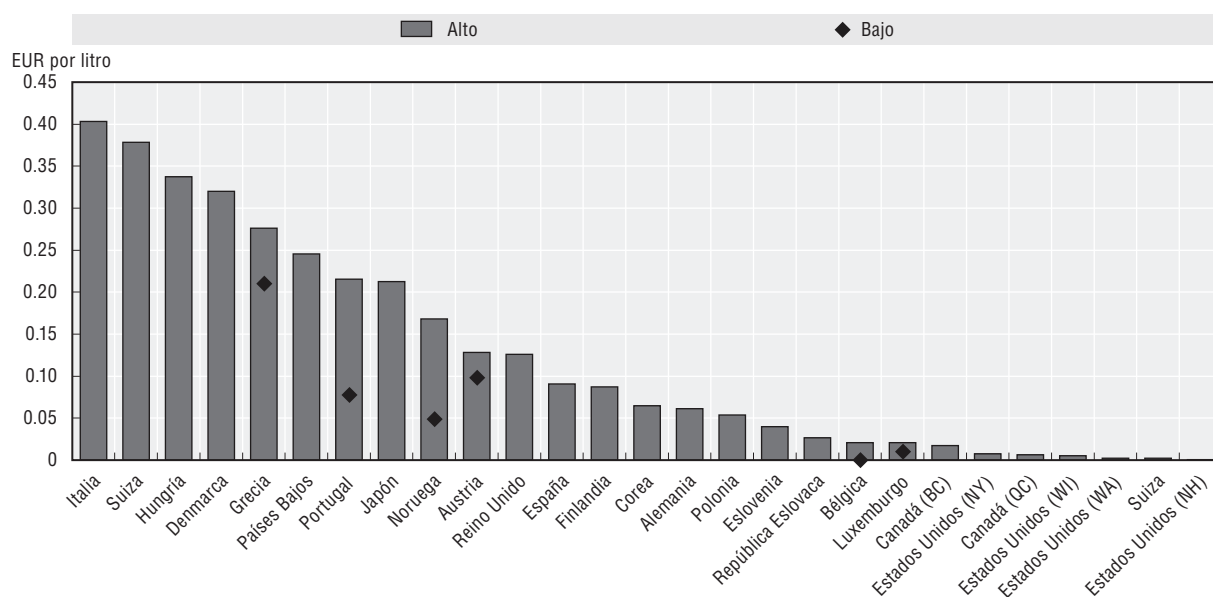
Notas: La categoría de desperdicios incluye cargos sobre los vertederos y la incineración, además de cargos sobre bienes específicos que tienen el potencial de causar problemas de desperdicios (como las latas de pintura, cámaras digitales, etcétera). Las baterías no se incluyen en la categoría de desperdicios, ya que se especifican en una categoría por separado.

1. Estonia es un país en vías de adhesión a la OCDE.

Fuente: Base de datos de la OCDE/EEA o instrumentos de política ambiental.

América y Corea). Como se verá en la experiencia de Suecia, en el Recuadro 3.2, el cálculo de las emisiones de NO_x puede ser difícil; una amplia gama de factores inciden en su formación en el proceso de combustión. Por este motivo, generalmente se requiere de sistemas sofisticados de monitoreo para evaluar adecuadamente las emisiones. Los costos iniciales pueden generar algunos retrasos en la implementación de dichos impuestos pero, una vez que se establezcan, proporcionan grandes cantidades de información tanto a los reguladores como los regulados, que llevan a reducciones significativas de las emisiones.

En la Gráfica 2.12 se indican las tasas fiscales sobre las emisiones de NO_x en los países de la OCDE. En general, las tasas son bastante bajas, la mayoría por debajo de EUR 0.20 por kilogramo. Por otro lado, Suecia, Noruega, y en ciertas circunstancias Nueva Gales del Sur en Australia, presentan niveles fiscales significativamente mayores. En Suecia, cuya tasa es la más alta entre todos los países de la OCDE, se implementó el cargo con la provisión de que los ingresos acumulados a partir del impuesto se reciclen de vuelta a los productores de energía a quienes se les grava dicho impuesto, con base en la producción energética, mientras que la tasa de Maine se incrementa con el nivel de las emisiones y depende del ingreso total acumulado por dicho cargo (lo que significa que si no se alcanza cierto umbral

Gráfica 2.11 Tasas de impuestos sobre el aceite combustible liviano

Notas: En 01.01.2010, cuando estaban disponibles diversos tipos de aceite combustible liviano (por ejemplo, combustible diesel, queroseno), se utilizó la tasa para el combustible diesel. Las tasas reducidas se presentan por varias razones, como sus distintos usos o distintas características, o bien si las empresas han celebrado algún acuerdo con los gobiernos. Cuando se presentan tasas múltiples reducidas, se indica la más baja como el valor "bajo".

Fuente: Base de datos de la OCDE/EEA o instrumentos de política ambiental.

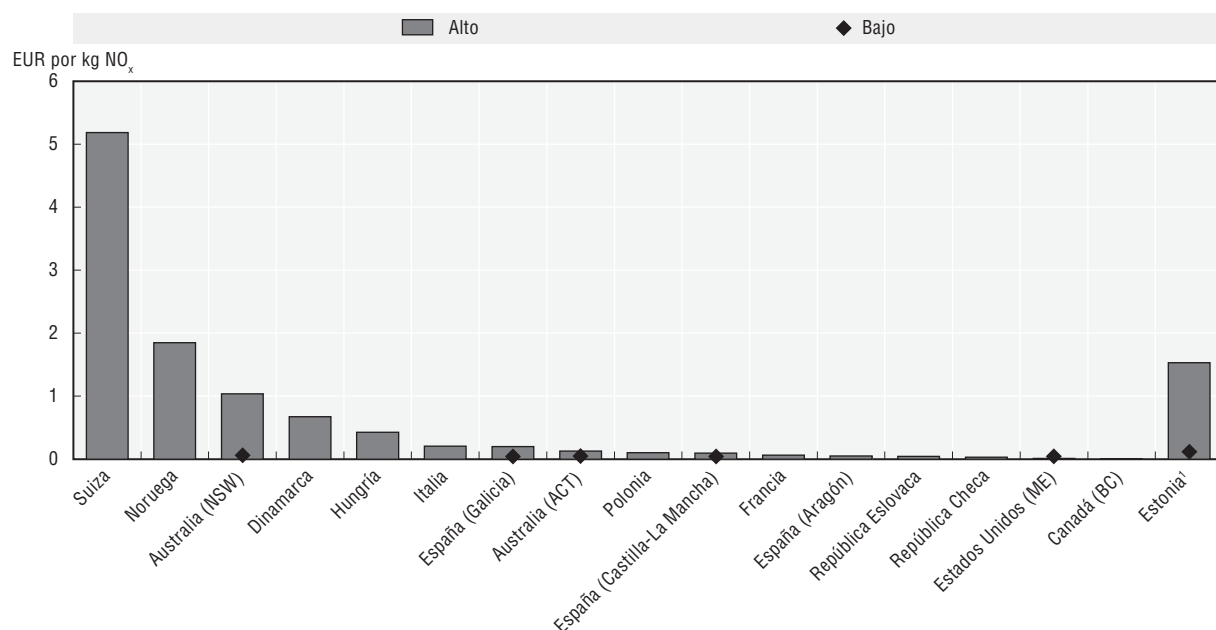
<http://dx.doi.org/10.1787/888932317369>

de ingreso, se podría duplicar la tasa de sobrecargo). Finalmente, es probable que el cargo en Australia (ver el Recuadro 2.4 para obtener más información sobre el Sistema de Licencias con base en la Carga de Nueva Gales del Sur) sea integral, puesto que varía con base en la cantidad emitida, en el caso de la presencia de emisiones, y de la época del año, reflejando más adecuadamente el daño actual que se presenta debido a estas emisiones.

Solventes clorados

En varios países se recaudan impuestos sobre los solventes clorados, químicos que se utilizan sobre todo para ciertos procesos industriales específicos. Algunos solventes clorados contribuyen al agotamiento de la capa de ozono, como los clorofluorocarbonos, y se han controlado fuertemente desde el Protocolo de Montreal. Otros se siguen utilizando en industrias selectas, especialmente en tintorería y desengrasado de metales. Sin embargo, estas sustancias que no agotan el ozono aún tienen efectos importantes en la salud humana y el medio ambiente, y se sujetan normalmente a algún tipo de control ambiental. Al comienzo de la década de los noventa, un número reducido de países comenzó a responder a las preocupaciones sobre estos químicos a través de la recaudación de impuestos. El Cuadro 2.2 presenta una descripción resumida de esto.

Cabe destacar que en los casos donde se cuenta con los datos sobre la eficacia de los impuestos, los resultados son sorprendentes. Dinamarca y Noruega presentaron reducciones sustanciales en el nivel de solventes clorados utilizados en sus países, aunque presentaron tasas fiscales de distintas magnitudes. Otros países han utilizado distintos instrumentos para reducir el uso de dichos químicos; en Suecia se han prohibido los productos por completo,⁵ Canadá emite permisos de uso con valores máximos que se han reducido

Gráfica 2.12 Impuestos sobre las emisiones de NO_x en el aire

Notas: En 01.01.2010. Las tasas altas representan la mayor tasa aplicable en un país (normalmente la tasa estándar) y las tasas bajas representan la tasa más baja aplicable en una jurisdicción (generalmente con base en el lugar, el tiempo y el modo que se producen las emisiones). En el caso de Australia, NSW indica Nueva Gales del Sur, por sus siglas en inglés, y ACT indica el Territorio de la Capital de Australia; para España, Castilla-La Mancha indica la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha; para Estados Unidos de América, ME indica el estado de Maine; y para Canadá, BC indica la provincia de Columbia Británica.

1. Estonia es un país en vías de adhesión a la OCDE.

Fuente: Base de datos de la OCDE/EEA o instrumentos de política ambiental.

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317388>

con el tiempo, y en Alemania se implementan normas técnicas para su uso. En todos los países fueron bajos los ingresos generados, lo que refleja que éste no es el motivo principal de dichos impuestos.

Pesticidas y fertilizantes

Los pesticidas pueden dañar bastante el medio ambiente debido a los efectos sobre la fauna silvestre, la biodiversidad, y la escorrentía hacia los sistemas hídricos. Existen sustancias altamente controladas en las economías de la OCDE con posibilidad de acceso al mercado permitido únicamente después de completar los procesos reglamentarios estrictos implementados por los gobiernos. Los países usualmente dependen de una variedad de métodos para reducir el uso en la comunidad agrícola, como la educación, divulgación y normativa sobre el uso y las formas de reducción. Aun así, sólo algunos países recaudan impuestos sobre los pesticidas como medio de reducción de su uso permitido. Aunque no sean tan tóxicos como los pesticidas, los fertilizantes también pueden tener un impacto importante, especialmente en la calidad del agua debido a la escorrentía de agua enriquecida. El Cuadro 2.3 resalta los distintos enfoques que han desarrollado los países en esta área. Los ingresos derivados de estos impuestos varían considerablemente, desde USD\$ 80 millones en Dinamarca en 2007 para pesticidas, hasta USD\$ 11.5 millones en Noruega, en línea con las distintas tasas fiscales impuestas por cada país.

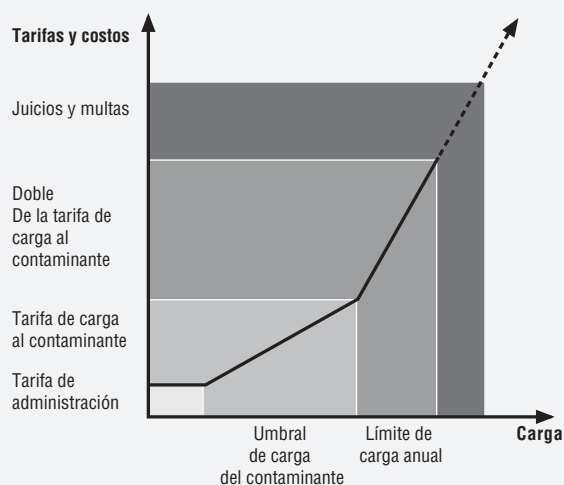
Recuadro 2.4. Enfoques fiscales integrados: licencias con base en la carga en Nueva Gales del Sur

Diversos países adoptan enfoques más integrados para los impuestos relacionados con el medio ambiente, al retirar una gran variedad de impuestos pequeños y reglamentos que cubren contaminantes por separado en favor de un enfoque más unificado. Además de reducir los costos administrativos para el gobierno y las industrias, esta metodología ofrece beneficios al asegurar que se observe fácilmente el daño relativo entre los distintos contaminantes.

El gobierno de Nueva Gales del Sur en Australia ha implementado un enfoque de base amplia para enfrentar la contaminación industrial, reuniendo muchos impuestos y reglamentos en un esquema global de licencias. El esquema se implementó en 1999 a través de la *Ley de operaciones para la protección del medio ambiente, 1997*, y se formó el enfoque integral para todos los contaminantes de una fuente sin prescripciones de tecnología o reducción.

En este *esquema* se engloba una variedad amplia de industrias, con la continua adición de participantes nuevos. El *esquema* global de licencias tiene como objetivo establecer límites de emisiones y monitorear e informar las condiciones, además de establecer una base para la recaudación de impuestos sobre una amplia gama de contaminantes. Para iniciar, los titulares de las licencias están sujetos a una tarifa administrativa general, que se basa en su tamaño y difiere entre las distintas industrias. Así se establece el límite inferior de las tarifas que deben pagarse. Además, algunas industrias también tendrán que pagar tarifas con base en la carga; éstas se determinan según varios criterios relacionados con el daño ambiental:

- La cantidad de contaminación que se emite (carga evaluable).
- Una ponderación que refleja el daño causado por contaminantes específicos (ponderación de contaminantes), el mercurio, por ejemplo, tiene una ponderación de 77 000, mientras que el óxido de azufre tiene una ponderación de 1.5.
- Una ponderación que refleja las condiciones del medio ambiente local (ponderación de zona crítica), por ejemplo, las zonas que presentan emisiones de COV elevadas de por sí (como las zonas urbanas) tienen una ponderación mucho más alta que otras áreas (como las zonas rurales).
- El cobro por cada unidad de contaminación (unidades de la tarifa sobre la contaminación).
- Finalmente, en los casos en que la carga evaluable exceda un límite establecido, se duplican las tarifas. Por arriba de un límite anual de carga establecido, las tarifas se convierten en multas y puede entablarse un juicio.



A medida que el proceso consolida los impuestos y las tarifas correspondientes a una amplia gama de contaminantes, proporciona un sistema integral y más eficiente para enfrentar los retos ambientales. Por ejemplo, las empresas que producen coque se evalúan con un sistema de emisiones de: benceno, a-benzopireno, partículas gruesas, partículas finas, sulfuro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno, óxidos de sulfuro y compuestos orgánicos volátiles en el aire, además de aceite, grasa, sólidos suspendidos, fenólicos e hidrocarburos aromáticos policíclicos en el agua.

Recuadro 2.4. Enfoques fiscales integrados: licencias con base en la carga en Nueva Gales del Sur (continuación)

Para facilitar las inversiones adicionales en la reducción de contaminación, las empresas firman acuerdos con EPA. En respuesta a la implementación de los procesos de reducción, estos acuerdos permiten que se evalúe la empresa en cuanto a los niveles esperados de contaminación después de la implementación de medidas de reducción durante el periodo de implementación (hasta tres años).

Este programa ofrece flexibilidad a las empresas —para encontrar modos adicionales de reducir la contaminación (y por lo tanto la incidencia tributaria)— y a los gobiernos. Al percatarse de que los impuestos sobre la contaminación del agua eran correctos, pero que los impuestos sobre el aire no eran lo suficientemente altos para cumplir con los objetivos integrados, los gobiernos incrementaron las tarifas sin tener que volver a emitir las licencias de las empresas afectadas, en 2004. En 2001-2002, este esquema recaudó AUD\$ 16 millones, y se incrementó a AUD\$ 33 millones en 2007-2008, debido en parte al aumento de la cobertura del esquema.

Fuente: NSW EPA (2001) y base de datos de la OCDE/EEA sobre instrumentos económicos.

Cuadro 2.2. Impuestos sobre los solventes clorados

Ubicación	Nombre de la medida	Tipo	Tarifas en 01.01.2010	Ganancias generadas	Eficacia
Dinamarca	Cargo sobre ciertos solventes clorados.	Impuesto sobre la emisión de diclorometano, tetracloroetileno, tricloroetileno.	EUR 0.27/kg	USD 0.1 millón (2007).	La ley entró en vigor en enero, 1996. Se estima que el consumo de tricloroetileno disminuyó de mil toneladas/año antes del impuesto a 356 en 1998. En el caso de tetracloroetileno, el consumo disminuyó de 720 toneladas/año a 463 en 1998.
Corea	Cargo a las aguas residuales.	Impuesto sobre emisiones al agua	EUR 186.39/kg de tetracloroetileno y tricloroetileno.		
Noruega	Impuesto sobre el tricloroetano (TRI) y percloroetileno (PER).	Impuesto sobre insumos dañinos	EUR 7.10/kg ¹	TRI: USD 0.4 millón (2008).	Impuesto implementado en 2000. Se estima que el uso de TRI disminuyó de 500 toneladas en 1999 a 139 en 2001. Con respecto al uso de PER, disminuyó a 32 toneladas en 2001, de 270 en 1999.
Polonia	Cargo sobre la contaminación al aire.	Impuesto sobre emisiones al aire de tricloroetano.	EUR 37.97/kg		

1. En el caso de Noruega, se reembolsa 41% del cobro para productos reciclados o desechados correctamente.

Fuente: Base de datos de la OCDE/EEA o instrumentos de política ambiental. La fuente para la información sobre la eficacia para el caso de Dinamarca fue el Ministerio del Medio Ambiente de Dinamarca (2000), y para el caso de Noruega, fue Sterner (2004).

Es interesante mencionar los distintos enfoques que han tomado los países. Suecia, por ejemplo, impone el mismo impuesto por unidad sobre el ingrediente activo de pesticidas de todas las variedades, recaudando así la misma tasa sobre productos relativamente benignos que sobre los más tóxicos. Otros utilizan un impuesto porcentual que depende del precio del bien o producto. Por lo tanto, un usuario pesado que adquiera pesticidas a granel pagará una cantidad más pequeña de impuestos por unidad de pesticida que el vecino que hace un poco de jardinería.

Por otra parte, en 1998, Noruega se apartó de un sistema de impuestos porcentuales sobre la importación de pesticidas en favor del enfoque mencionado previamente. Este

Cuadro 2.3. Impuestos sobre pesticidas y fertilizantes

	Descripción de la tasa fiscal de acuerdo con 01.01.2010	Notas
Canadá (Columbia Británica)	EUR 0.7568 por litro de pesticidas.	Asignado para el programa de gestión de residuos.
Dinamarca	Pesticidas: 35% del valor al por menor para productos químicos para la desinfección del suelo e insecticidas; 25% del valor al por menor para los químicos repelentes de insectos y animales, productos químicos para la reducción del crecimiento de plantas, fungicidas y herbicidas; y 3% del valor al por menor para repelentes de ratas, ratones, topos y conejos, y fungicidas para la protección de la madera. Fertilizantes: EUR 0.67 por kg de nitrógeno.	Las exportaciones están exentas. Asignado para el sector ambiental y agrícola. Sólo se aplica al nitrógeno utilizado fuera del sector agrícola.
Francia	Siete categorías de pesticidas con tarifas entre EUR 0.38 por kg y EUR 1.68 por kg.	
Noruega	Impuesto por kg o litro de pesticidas agrícolas = (tarifa básica * factor) * mil/dosis estándar por área. La dosis estándar por área es la tasa de aplicación máxima en kilogramos o litros por hectárea para el cultivo principal para el que se utiliza el pesticida. El gobierno establece la tarifa base y es la misma para todos los productos (era de EUR 3.12 por kg o litro en 2005). El factor es una ponderación con base en el nivel de riesgo relativo del pesticida de acuerdo con el siguiente régimen: Factor Productos 0.5 Productos con bajo riesgo de salud para humanos y bajo riesgo ambiental. 3 Productos con bajo riesgo de salud para humanos y mediano riesgo ambiental, o productos con mediano riesgo de salud para humanos y bajo riesgo ambiental. 5 Productos con bajo riesgo de salud para humanos y alto riesgo ambiental, o productos con mediano riesgo de salud para humanos y mediano riesgo ambiental, o productos con alto riesgo de salud para humanos y bajo riesgo ambiental. 7 Productos con mediano riesgo de salud para humanos y alto riesgo ambiental, o productos con alto riesgo de salud para humanos y mediano riesgo ambiental. 9 Productos con alto riesgo de salud para humanos y alto riesgo ambiental. 50 Productos concentrados de jardinería para el hogar. 150 Productos de jardinería para el hogar listos para su uso.	
Suecia	Pesticidas: EUR 3.11 por kilogramo entero de ingrediente activo.	Se eximen los conservadores de madera.
Estados Unidos	EUR 0.001-EUR 0.004 por kg.	Asignado para las actividades de inspección.

Fuente: Base de datos de la OCDE/EEA o instrumentos de política ambiental y OCDE (2005).

enfoque clasifica cada pesticida con base en la salud humana negativa y los efectos al medio ambiente. Así, describe el valor específico del daño independientemente del precio subyacente del pesticida. Esto no sólo promueve un uso más reservado de los pesticidas en general, sino que ofrece incentivos para la sustitución con productos menos dañinos, ya que los precios entre los pesticidas están diferenciados. Por otro lado, un sistema así puede presentar una carga administrativa considerable, tanto para los organismos reguladores como para la industria. Este problema es menor en Noruega, ya que sólo 188 pesticidas están aprobados para su uso.⁶ Esta cantidad de registros de pesticidas difiere significativamente del Reino Unido, donde están registrados 3,075 pesticidas para su uso.⁷ La introducción del programa de Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias Químicas (REACH, por sus siglas en inglés) en el Área Económica Europea puede presentar a los gobiernos la información más completa sobre las decisiones con riesgo en materia de los impuestos ambientales sobre los pesticidas.

Residuos

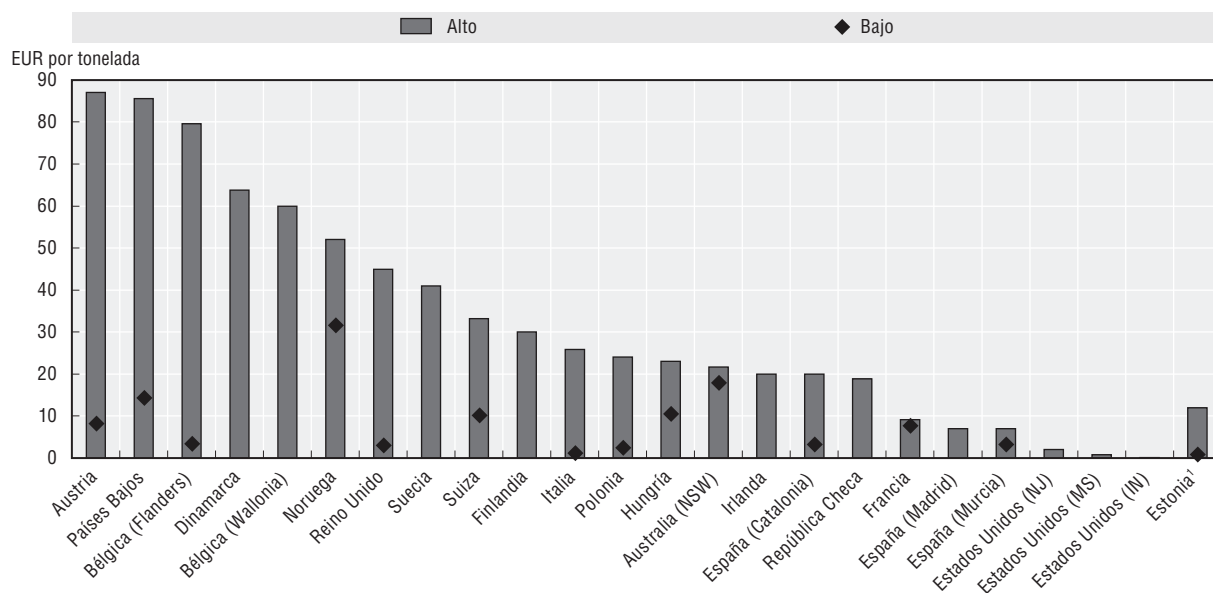
Existen diversos programas en los países de la OCDE para reducir las cantidades de residuos de viviendas e industrias. Los programas de reciclaje, los programas de composta, la iniciativa manufacturera para la reducción de residuos y los esquemas extensos de responsabilidad del productor son algunos de los distintos tipos que se utilizan. A pesar de estos esfuerzos, existen residuos que requieren medios adecuados de eliminación. Estas

opciones suelen reducirse a dos categorías: la incineración y los vertederos o rellenos sanitarios, y ambos tienen efectos negativos sobre el medio ambiente.

En la Gráfica 2.13 se indican las tasas fiscales relacionadas con los vertederos en los países de la OCDE. Estas tasas dependen de una gran variedad de factores que varían probablemente entre los distintos países, como la composición de los residuos municipales, la capacidad del vertedero de contener el daño ambiental (por ejemplo, la filtración hacia las aguas subterráneas), la disponibilidad de otras opciones y la disponibilidad general de tierras para dichos propósitos. Austria y los Países Bajos presentan las tasas más altas entre los países de la OCDE, mientras que los pocos estados de EUA que gravan impuestos sobre los vertederos presentan las tasas más bajas.

A diferencia de otros impuestos y cargos examinados hasta ahora, la eficacia de los impuestos sobre los residuos es menos directa. En el caso de las emisiones de NO_x , por ejemplo, las empresas que emiten óxidos de nitrógeno reciben un cargo directo sobre sus emisiones y, en su mayoría, tienen una capacidad importante de controlar sus emisiones. Por otro lado, puede haber una gran brecha entre la imposición de un impuesto (al verter los desperdicios en el vertedero) y la acción que causa el daño (la creación de desperdicios por parte del productor). Esta brecha presenta dificultades a la hora de intentar transmitir el impuesto de vuelta a los hogares individuales, ya que las viviendas tienen menor capacidad para controlar asuntos como el empaque de sus productos. La eficacia de los impuestos sobre los desperdicios se redujo considerablemente donde están limitadas las opciones de reciclaje y producción de composta y donde se presenta la disponibilidad de los vertederos ilegales.

Gráfica 2.13 Tasas de impuestos sobre los vertederos



Notas: En 01.01.2010. Las tasas para vertederos o la transformación de desperdicios (sin incluir incineración) no incluyen las bases de impuestos de los residuos peligrosos o lodos, o los impuestos/cargos sobre la eliminación ilegal de desechos. Debe subrayarse que Israel tiene un cargo para vertedero que entrará en vigor a partir de 2011, con una tasa de EUR 9 por tonelada.

1. Estonia es un país en vías de adhesión a la OCDE.

Fuente: Base de datos de la OCDE/EEA o instrumentos de política ambiental.

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317407>

2.3. Exenciones y reducciones sobre los impuestos relacionados con el medio ambiente

Aunque las políticas de base amplia suelen ser las más eficientes para responder a los retos ambientales, muchas veces existen características de los sistemas tributarios que se derivan de lo que podría llamarse una base amplia. Esto sucede por diversos motivos. En algunos casos, como se menciona en el Recuadro 2.3, los impuestos relacionados con el medio ambiente intentan responder a otros problemas sociales, además del medio ambiente. Aunque todas las fuentes de contaminación deberían enfrentar el costo total de las externalidades negativas a las que contribuyen, no todas las fuentes contribuyen a las mismas externalidades.

Las políticas fiscales relacionadas con la agricultura ofrecen un ejemplo representativo de la importancia de tener un conocimiento pleno del papel y las justificaciones de las desviaciones de los impuestos de base amplia. Las actividades agrícolas están exentas de una amplia gama de impuestos relacionados con el medio ambiente, como el impuesto sobre el nitrógeno en Dinamarca, el de la extracción de agua subterránea en los Países Bajos y el impuesto a las llantas en la provincia de Manitoba en Canadá. Sin embargo, la más extensa de las exenciones y reducciones para el sector de la agricultura son las de los combustibles de motor y los vehículos motorizados, como se observa en el Cuadro 2.4.

En muchos casos, las exenciones para la comunidad agrícola no tienen sentido desde el punto de vista del medio ambiente. Se presenta el mismo daño a los sistemas acuíferos si se hacen retiros por parte de los agricultores o de los que no lo son. Lo mismo sucede con el uso y la eliminación de las llantas. Lo opuesto sucede en el caso de los impuestos a los vehículos motorizados y sobre el combustible para motores. Estos impuestos relacionados con el medio ambiente a veces deben responder tanto a los temas ambientales como a los no ambientales, incluyendo el uso de las carreteras y los caminos financiados por el gobierno; a las preocupaciones de salud relacionadas con la contaminación del aire local; a los costos de los accidentes vehiculares, contribuir a la necesidades generales de recaudación de ingresos, y, finalmente, responder a la contribución de los gases de efecto invernadero en el cambio climático. Desde luego, el combustible que se utiliza en el sector agrícola no contribuye a cada uno de los efectos que intentan enfrentar los impuestos sobre el combustible y los vehículos motorizados. El uso de combustible en la agricultura no depende de la infraestructura de los caminos y carreteras, y tampoco contribuye de manera significativa a la congestión de tránsito urbano y cualquier contaminación de aire local podría afectar a menos personas en los países menos densamente poblados. Por estos motivos, se podrían justificar algunas reducciones al monto del impuesto para la agricultura. Debido a que la liberación al ambiente de cualquier gas de efecto invernadero por cualquier uso contribuye de igual modo al calentamiento global, por ejemplo, parecen fuera de lugar la exención total de los impuestos relacionados con el medio ambiente. En general, las exenciones a los impuestos relacionados con el medio ambiente deben evaluarse cuidadosamente, debido a la variedad de las consideraciones que son parte del proceso de la fijación de tasas.

También pueden surgir las reducciones, las exenciones y otras características porque la introducción de los impuestos relacionados con el medio ambiente suele presentar dos problemas significativos para el gobierno: las preocupaciones de competitividad sectorial, y las preocupaciones sobre la distribución (OCDE, 2006). Estos asuntos suelen tener un impacto sobre los programas importantes del gobierno, como las políticas sociales y las políticas económicas/industriales. Para facilitar la implementación de dichos impuestos, los gobiernos suelen equilibrar diversos impactos e intentan encontrar medidas para reducir las consecuencias negativas. En los lugares donde están exentos los contaminantes o re-

Cuadro 2.4. Exenciones completas de los impuestos relacionados con el medio ambiente y la agricultura

Austria	● Impuesto sobre vehículos motorizados (recurrente).	Italia	● Impuesto especial sobre los productos energéticos (gasóleo para la producción en invernadero).
Bélgica	● Impuesto adicional a caminos y carreteras (recurrente). ● Impuesto a caminos y carreteras (recurrente). ● Impuestos especiales (gasóleo, queroseno, combustibles pesados, GLP, gasolina, gas natural, electricidad, carbón, acoque o lignito).	Japón	● Impuesto sobre el petróleo y el carbón (carbón, gas natural y otros combustibles). ● Impuesto al suministro de aceite liviano. ● Cargo a las captaciones de agua de los ríos.
Canadá	● Impuestos sobre los combustibles para motor (diesel, gasolina u otros productos energéticos en AB, BC, MB, NB, NL, NS, ON, PE, QC, SK). ● Impuesto a las llantas (MB). ● Tarifa de registro adicional para vehículos con cilindros de gran capacidad (QC). ● Tarifa para la licencia de extracción de agua (NS).	Luxemburgo	● Impuesto sobre aceites minerales (gasóleo, diesel, gasolina).
República Checa	● Tarifas que cubren la administración de las corrientes de agua y las cuencas fluviales y para cubrir los gastos de interés público (impuesto sobre la extracción de agua). ● Impuesto sobre caminos y carreteras	Países Bajos	● Impuesto sobre vehículos motorizados (recurrente). ● Impuesto sobre la extracción de aguas subterráneas.
Dinamarca	● Impuesto sobre el nitrógeno.	Noruega	● Impuesto anual sobre los vehículos motorizados, con base en el peso. ● Impuesto sobre el diesel para vehículos. ● Impuesto sobre el consumo eléctrico (producción de invernadero).
Francia	● Impuesto sobre los ejes de los vehículos (recurrente).	Portugal	● Impuesto a la circulación de vehículos motorizados (recurrente).
Alemania	● Impuesto sobre vehículos motorizados (recurrente). ● Cargo sobre la captación de agua (Mecklemburgo-Pomerania Occidental).	España	● Cargo sobre el agua (Aragón, Asturias, Islas Baleares, Cantabria, Cataluña, Galicia, La Rioja). ● Impuesto sobre los residuos (Madrid, Murcia). ● Impuesto sobre el daño ambiental causado por algunos usos del agua de las reservas (Galicia). ● Impuesto a la contaminación del aire (producción de cerdo, Murcia). ● Impuesto sobre el registro vehicular (único y recurrente).
Hungría	● Impuesto especial sobre el diesel. ● Impuesto sobre los vehículos motorizados (recurrente).	Suiza	● Impuesto anual sobre los vehículos motorizados, con base en la distancia y el peso. ● Impuesto sobre vehículos motorizados (Berna).
Islandia	● Impuesto especial a los vehículos motorizados (único).	Estados Unidos	● Impuesto sobre los combustibles de motor (diesel y gasolina en CT, IN, MN, NY, SD, WA, WY). ● Impuesto sobre el combustible de motor (aceite combustible liviano en NY, WA). ● Impuesto sobre el combustible de motor (gas natural en SD). ● Impuesto sobre el uso de aeronaves (MN). ● Impuesto sobre el gas natural comprimido. ● Impuesto sobre el combustible para aviación comercial. ● Impuesto sobre el combustible diesel. ● Impuesto sobre la gasolina. ● Impuesto sobre el combustible para aviación no comercial. ● Impuesto sobre los combustibles de motor especiales. ● Impuesto sobre camiones y remolques. ● Impuesto sobre el consumo excesivo de consumo.
Irlanda	● Impuesto de aceite mineral sobre el carbón.	Estonia ¹	● Cargo sobre la captación de agua.

Nota: Éstas son exenciones totales específicas a la agricultura; también existen reducciones en las tasas de los impuestos relacionados con el medio ambiente para la agricultura, que no se han incluido aquí. Las definiciones de las exenciones más amplias podrían incluir indirectamente el proceso de la agricultura; sin embargo, no se han incluido.

1. Estonia es un país en vías de adhesión a la OCDE.

ciben menos impacto, estas medidas presentan valores de daño ambiental diferentes para las actividades similares.

Respecto al primer tema, debe quedar claro que los impuestos relacionados con el medio ambiente están diseñados para tener impactos sobre la competitividad. Un impuesto por unidad sobre un contaminante específico debería tener un mayor impacto en la empre-

sa altamente contaminante que genere un producto específico, que una que haya encontrado un método menos contaminante para producir el mismo artículo. La empresa contaminante está en desventaja competitiva precisamente porque produce más de algo a lo que la sociedad atribuye un valor negativo. Debería incluso tener impactos de competitividad entre sustitutos y complementos. Son estos impactos de competitividad los que crean los incentivos para encontrar métodos de producción de artículos menos dañinos para el ambiente y con menos impactos negativos con su uso.

También surgen problemas de competitividad en las economías abiertas donde las políticas nacionales pueden ser más estrictas que en otros lugares. La industria y los gobiernos saben que las políticas que establecen una tasa alta a las empresas nacionales pueden fomentar la transferencia de la producción entre fronteras, con un impacto negativo sobre el rendimiento económico nacional y con poco impacto sobre el medio ambiente. Evidentemente, la solución óptima sería una coalición a gran escala entre los países adoptantes de medidas similares que reflejan sus prioridades ambientales. Donde esto no puede lograrse, o donde las presiones políticas son considerables, las medidas correctivas a menudo toman la forma de exenciones o reducciones de la tasa de impuestos para las industrias altamente contaminantes, o el reciclaje de los ingresos tributarios de vuelta a las industrias afectadas (en una base distinta de la que se utilice para la recaudación).

Sin embargo, para responder a los temas de competitividad de esta naturaleza, las industrias y las empresas no necesitan forzosamente estar exentas de los impuestos relacionados con el medio ambiente. Las exenciones cancelan el incentivo que tendrían las empresas para tomar las medidas de reducción de la contaminación. En contraste, en este mundo de segunda categoría, el reciclaje dirigido de impuestos puede mantener el incentivo para reducir la contaminación y a la vez minimizar el impacto de la competitividad. Como se verá en el Recuadro 3.2, por ejemplo, se ha implementado exitosamente un cargo sobre las emisiones de NO_x en Suecia con ingresos reembolsados a las empresas con base en su producción energética.

En principio, los ajustes fiscales en las fronteras también podrían abordar algunos de estos temas. Sin embargo, las preocupaciones al respecto de las cargas administrativas, el escalamiento potencial de las disputas comerciales y el hecho de que los análisis de la OCDE muestran que dichos mecanismos tendrían un efecto económico global negativo y lograrían sólo una reducción menor de la contaminación en los países productores, sugiere que estos mecanismos no deberían formar parte de las herramientas políticas de los países (OCDE, 2009a).

En relación con el segundo asunto de economía política, muchos estudios han mostrado que los impuestos relacionados con el medio ambiente pueden tener impactos sobre la distribución. Las personas de ingresos bajos, quienes suelen gastar gran parte de sus ingresos en bienes que seguramente recibirían el impacto de los impuestos relacionados con el medio ambiente, como el impuesto sobre el combustible para motores, la calefacción del hogar y la electricidad, aunque el modo en que se utilicen los ingresos y el impacto global del impuesto sobre la economía general pueden mitigar un poco este impacto (Ghersi *et al.*, 2009). Considerando estas preocupaciones, con frecuencia se han exentado los impuestos sobre estos bienes. Por ejemplo, la Exacción sobre el Cambio Climático del Reino Unido, diseñada para reducir las emisiones de carbono a través de la tributación de impuestos sobre la electricidad, el gas, el carbón y el gas licuado de petróleo que se utiliza para la energía, exenta a todo el sector de los domicilios. Al no querer reducir el incentivo a todos los agentes económicos para reducir sus emisiones de carbono, estas medidas se han instituido en otras jurisdicciones. La provincia canadiense de Columbia

Británica, por ejemplo, implementó un impuesto sobre el carbono en 2008. Con un aumento de CAD\$ 10 por tonelada a CAD\$ 30 por tonelada para 2012, el impuesto cubre todas las formas de carbono, sin importar su fuente o emisor. Para contrarrestar los efectos, los ingresos recaudados por el impuesto se canalizan a las reducciones del impuesto sobre la renta de sociedades y de personas, lo que incluye reducciones en los dos tramos más bajos de los impuestos a las personas, además del crédito fiscal reembolsable para los contribuyentes de bajos ingresos.

Reconociendo parte del potencial de las preocupaciones mencionadas anteriormente en relación con la competitividad y la distribución, los gobiernos han buscado enfoques de impuestos diferenciales para una amplia gama de usuarios potenciales, con las diferencias más pronunciadas generalmente entre la vivienda y la industria. La electricidad es un ejemplo de comparación interesante, debido a su estado final homogéneo.

Casi la mitad de los miembros de la OCDE tienen impuestos sobre la electricidad en operación. La otra mitad podría enfrentar algunos problemas ambientales relacionados con la producción eléctrica al gravar impuestos directamente sobre los insumos que son dañinos al medio ambiente (como los combustibles), o los contaminantes derivados de la producción eléctrica (como las emisiones de dióxido de carbono), en vez del producto final. Al mismo tiempo, varias jurisdicciones, como la República Checa, Suecia y algunas comunidades autónomas en España, recaudan impuestos adicionales sobre la energía nuclear para abordar sus problemas únicos (como los residuos, por ejemplo).

Como puede apreciarse en el Cuadro 2.5, existe un rango de tarifas fiscales de la electricidad. Japón tiene impuestos de base amplia, con una tarifa estándar y sin exenciones. El Reino Unido y la República de Eslovaquia son excepciones en que la vivienda está exenta de los impuestos ambientales a la electricidad. En algunos países, las viviendas de bajos ingresos reciben una carga fiscal menor. En contraste, la mayoría de las jurisdicciones ofrecen gastos fiscales a los negocios en vez de la tasa de la vivienda o la tasa general. Esto puede ser incluso específico por sector, como en el caso del uso de invernadero o para los procedimientos de mineralogía, o bien puede basarse en el nivel de energía consumida. Muchos países ofrecen desgravaciones fiscales a las empresas de consumo energético intensivo (a las que posiblemente se les pida firmar un acuerdo negociado) a través de las exenciones y reducciones tributarias. La estructura fiscal de los Países Bajos es el ejemplo más explícito de desgravaciones otorgadas a consumidores energéticos cada vez mayores.

Debe considerarse que los precios de los impuestos especiales sobre la electricidad en los países de la OCDE podrían variar entre los usuarios también, con los grandes compradores de energía con el potencial de negociar precios más bajos que en otras partes de la economía. Tales estructuras pueden formar las tasas diferenciales de impuestos descritas en el Cuadro 2.5.

Vale la pena señalar que, como la generación eléctrica está cubierta bajo el UE ETS, los nuevos impuestos sobre ella en Europa no tendrían un impacto en el nivel global de emisiones de CO₂ en la Unión Europea, mientras se fije el límite superior. Los impuestos adicionales sobre la electricidad probablemente generarían cuatro efectos:

- una carga mayor para el sector eléctrico en comparación con otros sectores (cubiertos bajo la ETS de la Unión Europea, y aún no sujetos a impuestos), ya que ahora existen dos instrumentos impuestos;
- precios más bajos para los permisos dentro de los sistemas, ya que el sector eléctrico efectúa una reducción adicional, por lo que se liberan los permisos;

Cuadro 2.5. Tasas de impuestos sobre la electricidad en distintos países de la OCDE
Tasas de impuestos para 2010 en centavos de EUR por kWh, a menos que se especifique lo contrario

Austria	
<i>Impuesto sobre la energía</i>	
Tasa general	1.50
Reembolsos equivalentes a la diferencia entre la tasa completa y el más alto entre: i) 0.5% del valor agregado; o ii) las tasas fiscales mínimas de la UE para empresas donde la suma de los impuestos sobre la electricidad, el gas natural, el carbón y otros aceites minerales (utilizados como combustibles de calefacción) excede 0.5% del valor agregado	R
Bélgica	
<i>Impuesto federal</i>	0.21
<i>Impuestos especiales</i>	
Tasa general	0.19
Empresas con NA o en el sistema de PN	0.10
Empresas con consumo energético intensivo con NA o en el sistema de PN	0.00
Residentes de bajos ingresos, uso en procesos mineralógicos, agricultura, pesca y silvicultura	E
República Checa	
<i>Impuesto sobre la electricidad</i>	
Tasa general	0.11
Producción ecológica, producción de productos previamente gravados, rastreo de transporte, uso en procesos metalúrgicos o mineralógicos	E
<i>Impuesto adicional sobre energía nuclear</i>	0.19
Dinamarca	
<i>Impuesto sobre CO₂</i>	
Tasa general	0.83
Electricidad utilizada en el transporte público	R
Las empresas pueden obtener un reembolso específico de 13/18 del impuesto sobre productos utilizados en los procesos de consumo energético intensivo, y un reembolso adicional de 11/45 del impuesto con NA	R
<i>Impuesto sobre la electricidad</i>	
Tasa general	8.85
Calefacción de la vivienda	7.32
Electricidad de plantas pequeñas o derivada de la energía eólica o hidráulica	E
Las empresas registradas con IVA pueden obtener un reembolso sobre la cuota eléctrica, excepto la energía que se utilice para la calefacción. Abogados, contadores, agencias de publicidad, etcétera, no elegibles	R
Finlandia	
<i>Impuestos especiales</i>	
Tasa general	0.87
Manufactura	0.25
Uso del ferrocarril	E
<i>Tarifa de la reserva estratégica</i>	0.01
Alemania	
<i>Impuestos especiales</i>	
Tasa general	2.05
Manufactura, agricultura, silvicultura	1.23
Autobuses y ferrocarriles	1.14
Electricidad de generación eólica, solar, geotérmica, hidroeléctrica pequeña, de biomasa, gases de vertederos o alcantarillado	E
Irlanda	
<i>Impuesto sobre la electricidad</i>	
No empresarial	0.10
Empresarial	0.05
Viviendas, procesos metalúrgicos, electricidad de fuentes renovables	E
Italia	
<i>Impuesto estatal sobre la electricidad</i>	
Viviendas	0.47
Industrial	0.31
Energía eléctrica para: calefacción en procesos industriales, factores arriba de 1,200 MWh por mes, los primeros 150 kWh por mes para viviendas, insumo en procesos industriales, para la iluminación pública y el transporte público, para fines científicos o para las comunicaciones por telefonía y radio. Electricidad a partir de fuentes renovables pequeñas o del metano	E

Cuadro 2.5. Tasas de impuestos sobre la electricidad en distintos países de la OCDE (cont.)
Tasas de impuestos para 2010 en centavos de EUR por kWh, a menos que se especifique lo contrario

Impuesto sub-nacional sobre la electricidad	
Viviendas (pero no residencias)	2.04
Viviendas	1.86
Industrial	0.93
Mismas exenciones que los impuestos estatales	E
Japón	
Impuesto para la promoción del desarrollo de fuentes de energía	0.29
Países Bajos	
Impuesto sobre la energía	
< 10 MWh/año	11.14
10-50 MWh/año	4.06
50-10 mil MWh/año	1.08
> 10 mil MWh/año, no empresarial	0.10
> 10 mil MWh/año, empresarial	0.05
La electricidad para la reducción de químicos y los procesos metalúrgicos y electrolíticos, usuarios de > 10 mil MWh/año que tengan NA	E
Reembolso de 50% organizaciones sin lucro, o sitios religiosos/de reflexión filosófica	R
Reembolso de EUR 318.62 por conexión por año	R
Noruega	
Impuesto sobre la electricidad	
Tasa general	1.26
Tasa reducida	0.05
Electricidad utilizada en la reducción química o la electrólisis, procesos metalúrgicos y mineralógicos, la industria de invernadero y las vías de tren. Electricidad suministrada a las empresas de consumo energético intensivo en la industria de pulpa y papel, que tienen NA, y a las viviendas y la administración pública en áreas nórdicas	E
República de Eslovaquia	
Impuestos especiales	
Tasa general	0.13
Electricidad de fuentes renovables, para industrias de consumo energético intensivo, procesos mineralógicos y metalúrgicos, viviendas y transporte público	E
España	
Impuesto sobre la electricidad (%)	4.90
Castilla-La Mancha – impuesto sobre la electricidad nuclear	0.15
Extremadura	
Derivada de la energía nuclear	0.13
No derivada de la energía nuclear	0.09
Derivada de la energía eólica o solar	E
Suecia	
Impuesto sobre la electricidad	
Tasa general	2.80
Áreas remotas	1.85
Manufactura e invernaderos	0.05
Electricidad eólica, electricidad utilizada en la producción de otros combustibles, electricidad para calefacción	E
Electricidad utilizada para la producción de calor para su uso en las industrias de manufactura y para el cultivo comercial en invernaderos	R
Impuesto adicional sobre energía nuclear, hasta	0.13
Reino Unido	
Exacción sobre el cambio climático	
Tasa general - empresas	0.53
Empresas con NA	0.10
Viviendas, electricidad para algunas formas de transporte, y electricidad derivada de algunas fuentes renovables	E

Nota: En 01.01.2010. E = Exención, R = Reembolso, NA = Acuerdo negociado. Las siguientes exenciones comunes no se mencionaron: producción para uso propio, electricidad utilizada en la producción o transporte de electricidad, uso diplomático, exportaciones, electricidad derivada de generadores pequeños, electricidad generada a partir de procesos combinados de calor y energía.

Fuente: Base de datos de la OCDE/EEA o instrumentos de política ambiental.

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318072>

- asignación subóptima de reducción entre las empresas, aumentando el costo económico general de alcanzar el objetivo de emisiones, y
- cuando los permisos se distribuyen gratuitamente en lugar de hacerlo a través de subastas, los gobiernos pueden recuperar parte del ingreso que han acumulado para ellos.

Además de reducir el ingreso de los gobiernos, las reducciones y exenciones de los impuestos relacionados con el medio ambiente tendrían también impactos ambientales no despreciables, cuya consecuencia es el daño ambiental adicional, a diferencia de un impuesto que se nivela de manera uniforme con la tasa establecida. Beers *et al.* (2007), como se muestra en el Cuadro 2.6, investigaron las implicaciones ambientales y de las ganancias a partir de una amplia gama de reducciones y exenciones fiscales en los Países Bajos, algunas de los cuales inicialmente no parecen tener implicaciones ambientales significativas.

Cuadro 2.6. Impactos ambientales de una selección de reducciones/exenciones tributarias en los Países Bajos

	Valor del impuesto reducción/exención (Millones de EUR por año)	Efecto del gas de invernadero (kilómetros de equivalente a CO ₂)	Acidificación (toneladas de equivalente a SO ₂)	Ozono fotoquímico creación (toneladas de equivalente de etileno)
Tasa reducida del IVA sobre la carne	336	116	1 703	18
Reducción/exención del impuesto a la energía para usuarios grandes	1 568	811	19 728	n.a.
Deducción de impuestos para el uso de transporte público en tránsito de conmutación	147	29	5	5
Exención del impuesto especial para los combustibles de aviación	1 200	1 272	208	2 433

Fuente: Beers *et al.* (2007).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932321701>

El valor de las deducciones y exenciones de impuestos en Holanda se correlaciona generalmente con la magnitud del impacto ambiental. Las más altas son la reducción/exención del impuesto sobre la energía para los grandes usuarios, y la exención del impuesto especial para los combustibles de aviación. Si se agregan juntas, estas cuatro exenciones de impuestos representan EUR\$3 300 millones de ingresos no percibidos cada año, y explican las 2.2 millones de toneladas de emisiones CO₂ adicionales cada año. Como forma de comparación, las emisiones de los Países Bajos en 1990 (año base para el Protocolo de Kyoto) sumaron 213 millones de toneladas, con un objetivo para 2008-2012 de 200.3 millones de toneladas.

En un nivel más amplio, los sistemas de reglamentación fiscal son grandes y complejos en la mayoría de los países, y el entendimiento de que el impacto global para ciertos bienes y servicios podría ser difícil. Además de las exenciones y reducciones específicas para bienes y servicios, los sistemas fiscales pueden tener características que proporcionan preferencias indirectas por ciertos artículos, bienes y servicios que representan impactos al medio ambiente entre ellos. Pueden tomar la forma de tratamiento preferente del ingreso corporativo para ciertos sectores y empresas, deducciones adicionales para individuos en actividades específicas, o bien ciertos bienes y servicios que el gobierno podría proporcionar gratuitamente. A primera vista, estos tratamientos tal vez no parezcan tener un gran impacto en el medio ambiente pero, en conjunto, representan un subsidio significativo que puede alterar el comportamiento. En diversos casos, estas medidas están diseñadas para alcanzar objetivos gubernamentales más amplios, como el impulso a la actividad económica y el apoyo para superar los obstáculos que podrían frenar el desarrollo nuevo. Por ejemplo,

las concesiones tributarias otorgadas para las nuevas operaciones de extracción de combustibles fósiles mediante las reducciones de la tasa de impuestos, los créditos o la disponibilidad de los distintos programas de depreciación. Esta área de trabajo, conocida como gasto tributario, se centra en la observación de las tasas y los sistemas fiscales existentes y su comparación con un sistema “base” para determinar si algunos bienes y actividades reciben tratamiento más favorable que otros en la economía. Este campo de trabajo más amplio está fuera del alcance de la presente publicación, pero es importante para la consideración del impacto global del sistema tributario en el medio ambiente.

2.4. Permisos negociables

Los gobiernos utilizan con más frecuencia los permisos negociables para responder a los problemas ambientales, en la forma de sistemas de “limitación y comercio” o sistemas de “base de referencia y crédito”.⁹ A diferencia de los impuestos, que establecen el precio del contaminante y luego permiten que el mercado determine la tasa de contaminación óptima, los sistemas de limitación y comercio establecen una cantidad de contaminación fija que se puede emitir y permite que el mercado derive el precio (ver en el Recuadro 3.4 la discusión completa entre los impuestos y los permisos negociables). Estas diferencias deberían obtener los mismos resultados, pero pueden reflejar la preferencia de la tolerancia al riesgo. Por ejemplo, respecto al cambio climático, un gobierno con fuerte intolerancia al riesgo de equivocarse en favor de un nivel demasiado alto de emisiones preferiría probablemente un sistema de limitación y comercio, donde está establecida la cantidad de emisiones de carbono. Por otro lado, un gobierno con una alta intolerancia al riesgo de precios potencialmente altos e inciertos del carbono para la industria, probablemente prefiera el impuesto sobre el carbono, donde el precio del carbono está establecido y se ajusta el nivel de emisiones de acuerdo con esto.

En la práctica, los programas de permisos negociables han existido durante muchos años, con algunos programas en operación en los años setenta. Uno de los primeros y mejor conocidos incluía permisos para controlar la lluvia ácida en el este de Estados Unidos de América. En 1990, la modificación a la Ley de Aire Limpio reemplazó una parte del reglamento existente en materia de las emisiones de SO₂ con un programa de permisos negociables entre contaminantes, con sanciones altas por falta de cumplimiento. A pesar de las preocupaciones iniciales, el programa demostró gran éxito. Burtraw (2000) considera que el programa ha reducido las emisiones de manera significativa entre sus participantes, y con un costo aproximado de la mitad del cálculo inicial.¹⁰

Los gobiernos han utilizado este instrumento frecuentemente en una variedad de maneras nuevas e innovadoras. Por otro lado, los programas de permisos negociables se han utilizado para responder a los retos ambientales relativamente pequeños, tales como el control de la salinidad en el río Hunter en Australia. Los propietarios de los permisos de este programa tienen el derecho de desechar agua salada al río durante los tiempos de flujo bajo. El programa ha generado menos de AUD \$0.2 millones para 20% de los permisos, que duran diez años. Del otro lado del espectro, el problema del cambio climático impulsa permisos negociables para responder a los problemas de emisiones a gran escala y entre fronteras. La Unión Europea ha sido líder en este esfuerzo con el Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (UE ETS), un enfoque común entre los Estados miembros.

Una de las diferencias principales entre los sistemas de permisos negociables es la asignación inicial de los permisos. La eficiencia económica del programa de comercio no se ve afectada (directamente) por la decisión del gobierno de subastar o distribuir libremente

los permisos, debido a que el precio de los permisos en cualquiera de los escenarios todavía equivaldría al costo de reducción marginal. Sin embargo, la distribución libre de permisos representa una transferencia inesperada de riquezas de la sociedad a las empresas contaminantes, y el ingreso fiscal perdido representa la ineficiencia económica, en el sentido de que no puede utilizarse para recompensar a la sociedad por los daños de la contaminación (por ejemplo, mediante la reducción de deudas, el aumento de los gastos o la reducción de los impuestos distorsionados).

En los siguientes años, el impacto de estos sistemas podría ser grande en los ingresos del gobierno, ya que éstos avanzan hacia sistemas de permisos negociables más ambiciosos en los que la subasta es un componente central. Por ejemplo, el Reino Unido ha definido 7% de sus permisos de Fase II (2008-2012) en el Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (UE ETS) para la subasta. Estos 17 millones de permisos por año (85 millones sobre el periodo de cinco años de la Fase II) deberían recaudar un ingreso significativo, aun con los precios de carbono estables alrededor de EUR\$ 15 por tonelada.

La introducción de los permisos negociables también presenta problemas con los impuestos preexistentes sobre la misma base tributaria. Australia, por ejemplo, ha propuesto un sistema integral de limitación y comercio para las emisiones equivalentes a CO₂, que incluiría el sector de transporte. Los productores industriales de combustible para carretera estarían en el programa de comercio, lo que resultaría en costos más altos del combustible. Como resultado, el gobierno ha propuesto que los impuestos especiales sobre la gasolina y el diesel se reduzcan centavo a centavo contra los incrementos del precio con que se vinculan a los costos más altos relacionados con los permisos, durante los primeros años del programa (Gobierno Australiano, 2008).

Es importante mencionar que las cifras de las ganancias del gobierno, en materia de los impuestos ambientales, incluidas en esta publicación no incluyen los ingresos derivados de la subasta de los permisos. Sin embargo, estas ganancias han sido relativamente pequeñas hasta la fecha. Los expertos contables en el ámbito internacional trabaja para definir el modo de incorporar las ganancias en las infraestructuras contables nacionales de los países individuales en el futuro.

2.5. Conclusiones

Las ganancias derivadas de los impuestos relacionados con el medio ambiente forman un componente importante del ingreso fiscal global de los países de la OCDE, aunque existe una variación significativa entre los distintos países. Estas ganancias se derivan principalmente de los impuestos sobre los combustibles de motor y los vehículos motorizados, en tanto que los impuestos a otras actividades dañinas al medio ambiente representan sólo una pequeña fracción del ingreso total. Sin embargo, los países están ampliando el uso de los impuestos sobre otras bases dañinas al medio ambiente, como en el caso de las emisiones específicas al aire y el agua, y los impuestos sobre desecho de residuos. No obstante, es importante mencionar que el nivel de ganancias recaudadas de las bases relacionadas con el medio ambiente es sólo un indicador potencial de qué tan “verde” es una economía.

Al mirar en perspectiva, se observan tres tendencias significativas que probablemente sigan impulsando el desarrollo de los impuestos relacionados con el medio ambiente. La primera es la utilización mayor de los impuestos relacionados con el medio ambiente para responder a una gama más amplia de contaminantes. Ampliar el papel de los impuestos a los contaminantes nuevos, más allá de los impuestos a los combustibles de motor y los vehículos motorizados, se verá impulsado por el deseo de responder con mayor eficacia a

las actividades que dañan el medio ambiente, las cuales se han controlado generalmente a través de la normatividad o no se han controlado. Esto recibirá el apoyo de las nuevas tecnologías e innovaciones que deberían facilitar el monitoreo y reducir sus costos. Estos impuestos quizá se establezcan sobre bases mucho más pequeñas, por lo que no generarán incrementos significativos en cuanto a las ganancias de los gobiernos.

La segunda tendencia es la de los países que buscan reformar los impuestos existentes para que sean más efectivos en el logro de los objetivos ambientales. Esto incluye asegurar que los impuestos no se graven simplemente sobre la base de recaudación de fondos, sino que se estructuren de tal modo que respondan a los retos ambientales. Tales reformas se pueden estructurar de manera que tengan un ingreso neutral para los gobiernos, mientras que generen beneficios ambientales importantes.

Finalmente, la tercera tendencia es el papel más importante del cambio climático en las políticas ambientales de los gobiernos. A pesar de que se redujeron considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero de los niveles actuales, el mundo enfrenta un incremento en las temperaturas globales y mayor variación del clima, con la posibilidad de repercusiones negativas importantes debido a la presencia de emisiones históricas en la atmósfera. Además, la naturaleza global del problema implica que una unidad de emisión de dióxido de carbono tiene el mismo impacto sobre el cambio climático, sin importar de donde provenga. Como tal, deben coordinarse las respuestas entre los gobiernos para obtener una estrategia de mitigación global efectiva. Mecanismos como el Protocolo de Kyoto, y sus sucesores previstos, testifican esta intención de parte de los gobiernos; la implementación de los proyectos integrales resultó complicada.

La tributación de impuestos o los sistemas de permisos negociables para las emisiones de carbono desempeñan un papel importante. Algunos países ya han adoptado la implementación unilateral de impuestos sobre el carbono. Sin embargo, la coordinación entre las jurisdicciones será importante para lograr los objetivos globales. Las acciones que se dirigen al cambio climático también necesitan dirigirse a las emisiones que están fuera de la jurisdicción del país actualmente. Un ejemplo importante de esto es la existencia de los tratados internacionales establecidos desde hace tiempo, como en el caso de la aviación, lo que dificultó a los signatarios la aplicación de impuestos sobre el combustible en los viajes internacionales. Desarrolladas cuando no existía la preocupación sobre el cambio climático, estas disposiciones buscaban reducir las distorsiones causadas por las tasas de impuestos diferenciales. Sin embargo, un análisis reciente ha mostrado que la aviación es causante de 4.9% de los efectos antropogénicos del cambio climático (Lee et al., 2009), una fuente demasiado significativa para excluirse.

Asimismo, el uso de instrumentos con base en el mercado que enfrentan el cambio climático también podría tener efectos importantes en la composición de los ingresos fiscales generales de los gobiernos, debido a que los impuestos sobre el CO₂ podrían reunir sumas significativas. Las estimaciones sugieren que un impuesto de USD\$ 25 por tonelada de CO₂ gravado adicionalmente al precio y las estructuras fiscales existentes generaría ingresos anuales en 2020 equivalentes a 1.9% del PIB en Australia/Nueva Zelanda, 1.2% del PIB en Canadá, 0.7% del PIB en Europa, 0.5% del PIB en Japón y Corea, y 1.0 % del PIB en Estados Unidos de América (cálculos con base en OCDE, 2009a). Por lo tanto, el papel de los impuestos relacionados con el medio ambiente se incrementa dentro (y fuera) de la OCDE, tanto para ampliar las bases de tributación de impuestos como para mejorar la efectividad ambiental de los impuestos existentes.

Notas

1. Debido al tamaño relativamente pequeño del país y los impuestos relativamente bajos sobre los combustibles de motor, Luxemburgo alcanza un ingreso significativo derivado de la compra de combustible para motores por parte de no residentes (llamado “turismo de combustible”).
2. En lugar de los impuestos especiales sobre el diesel, Nueva Zelanda recauda impuestos a los vehículos impulsados con diesel, con una cantidad de EUR\$ 7.87 por 1 mil km para los vehículos de menos de dos toneladas. Este enfoque no ofrece a los conductores de los vehículos de diesel ningún incentivo económico para reducir la utilización de diesel por kilómetro.
3. Este valor incluye el efecto de México, en el que la tasa de impuestos varía considerablemente. Sin embargo, no varía notoriamente el impacto global si se excluye a México en este periodo. El promedio ponderado se calcula con ponderaciones basadas en los ingresos totales derivados del impuesto sobre el combustible para motores.
4. Ver, por ejemplo, OCDE (2009c) para leer un debate sobre los beneficios del uso de distintos puntos de incidencia fiscal que permiten abordar algunas externalidades relacionadas con el uso de vehículos motorizados.
5. En Suecia, el gobierno prohibió el uso de algunos solventes clorados. Debido a la falta de sustitutos aceptables para estos productos en algunas industrias, la oposición pública considerable lleva a la creación de numerosas exenciones. El resultado es que el consumo ha disminuido pero no está cerca de cero. Ver Sterner (2004) para obtener más información.
6. Para conocer la lista completa, ver: <http://landbrukstilsynet.mattilsynet.no/plantevernmidler/egodk.cfm>, acceso el día 14/06/10.
7. Para conocer la lista completa, ver: <https://secure.pesticides.gov.uk/pestreg/ProdSearch.asp>, acceso el día 14/06/10.
8. Existen algunos impuestos adicionales sobre los generadores eléctricos, con base en los ingresos, que no se han incluido en este análisis.
9. Un sistema de “limitación y comercio” establece el nivel de emisiones absoluto dentro del programa. La forma inicial de distribuir los permisos puede variar, ya sea a través de la subasta o con base en la producción histórica. En contraste, el sistema de base de referencia y crédito establece una línea para las entidades individuales en función de la producción histórica, y generalmente como medida de intensidad. En ambos sistemas, las empresas con excedente de permisos los pueden vender a otros en el mercado abierto. El resultado es que, dado el hecho de que el sistema de base de referencia y crédito no establece una limitación absoluta sobre las emisiones, el crecimiento en la producción del bien subyacente puede resultar en el aumento del nivel de emisiones en comparación con el sistema de limitación y comercio. Los sistemas de base de referencia y crédito también plantean a los administradores la tarea difícil de decidir lo que se constituye como la base de referencia aceptable.
10. Se le puede acreditar esto a una amplia gama de factores (como la liberalización concurrente del mercado de ferrocarriles), y no sólo a la presencia del sistema de comercio.

Referencias

- Gobierno Australiano (2008), *Carbon Pollution Reduction Scheme: Australia's Low Pollution Future*, White Paper, Vol. 1 and 2, Commonwealth de Australia, disponible en www.climatechange.gov.au/whitepaper/report/index.html.
- Beers, Cees van et al. (2007), "Determining the Environmental Effects of Indirect Subsidies: Integrated Method and Application to the Netherlands", *Applied Economics*, Vol. 39 (19), pp. 2465-2482.
- Burtraw, Dallas (2000), "Innovation under the Tradable Sulfur Dioxide Emission Permits Program in the US Electricity Sector", documento de trabajo, No. 00-38, Resources for the Future, Washington D.C.
- Ministerio Danés de Medio Ambiente (2000), *Economic Instruments in Environmental Protection in Denmark*, disponible en www2.mst.dk/udgiv/publications/2000/87-7909-568-2/html/kap05_eng.htm.
- EPA (US Environmental Protection Agency) (2009), *National Emissions Inventory Air Pollutant Emissions Trends Database*, disponible en www.epa.gov/ttn/chieftrends/index.html.
- Gherzi, F. et al. (2009), "Carbon Tax and Equity: The Importance of Policy Design", ponencia presentada en 10th Global Conference on Environmental Taxation, en Lisboa, Portugal, 23-26 de septiembre de 2009.
- Lee, David S. et al. (2009), "Aviation and Global Climate Change in the 21st Century", *Atmospheric Environment*, No. 43, pp. 22-23.
- Lin, C.Y. Cynthia y Lea Prince (2009), "The Optimal Gas Tax for California", *Energy Policy*, Vol. 37, pp. 5173-5183.
- New South Wales Environmental Protection Agency (NSW EPA) (2001), *Load-Based Licensing: A Fairer System that Rewards Cleaner Industry*, NSW EPA, Sydney, disponible en www.environment.nsw.gov.au/resources/licensing/lbl/lblbooklet.pdf.
- OCDE (2005), *Evaluating Agri-Environmental Policies: Design, Practice and Results*, OCDE, París, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264010116-en>.
- OCDE (2006), *The Political Economy of Environmentally Related Taxes*, OCDE, París, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264025530-en>.
- OCDE (2009a), *The Economics of Climate Change Mitigation: Policies and Options for Global Action Beyond 2012*, OCDE, París, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264073616-en>.
- OCDE (2009b), *Incentives for CO2 emission reductions in current motor vehicle taxes*, OCDE, París, disponible en [www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/env-epoc-wpnep-t\(2009\)2-final](http://www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/env-epoc-wpnep-t(2009)2-final).
- OCDE (2009c), *The Scope for CO₂-based Differentiation in Motor Vehicle Taxes*, OCDE, París.
- Stern, Thomas (2004), "Trichloroethylene in Europe", en Winston Harrington, Richard D. Morgenstern y Thomas Stern (eds.), *Choosing Environmental Policy: Comparing Instruments and Outcomes in the United States and Europe*, Resources for the Future, Washington D.C.

Capítulo 3

Eficacia de los impuestos relacionados con el medio ambiente sobre la innovación

En este capítulo se analiza la eficacia de los impuestos relacionados con el medio ambiente sobre el desarrollo de la innovación. Comienza con un análisis de los retos en la medición empírica de la innovación y describe brevemente las métricas potenciales. Luego se detallan diversos estudios de caso en búsqueda de relaciones potenciales, y se encuentra evidencia mixta. Se resaltan los distintos tipos de innovación inducidos (y no inducidos) por los impuestos relacionados con el medio ambiente. También se investigan los obstáculos presentes ante la eficacia que tienen los impuestos para inducir la innovación.

La aplicación de los impuestos relacionados con el medio ambiente le asigna un costo identificable a la contaminación, ofreciendo incentivos a las empresas que maximicen las ganancias para reducir su carga tributaria. Esto puede hacerse al disminuir los precios, reducir algunas de las tecnologías actuales o bien inventar/adoptar innovaciones nuevas. La literatura es clara en la declaración de que la innovación es de importancia crítica para obtener políticas ambientales deseables a menor costo. Conforme los gobiernos adoptan más enfoques basados en el mercado para alcanzar los resultados de las políticas ambientales, la pregunta es: ¿qué efecto tienen realmente los impuestos relacionados con el medio ambiente? En este capítulo investigará la manera de medir la innovación, la efectividad de los impuestos ambientales en la inducción de la innovación y la presencia de obstáculos a la innovación.

3.1. Medición de la innovación

Analizar la eficacia de los impuestos relacionados con el medio ambiente para inducir la innovación requiere métricas que identifiquen y midan, en primer lugar, la innovación (o sus aproximaciones). Sin embargo, la naturaleza fluida de aquélla dificulta la medición (la capacidad de encontrar datos y métricas aplicables). La medición de la innovación precisa sobre todo especificar qué parte de la etapa de innovación se investiga. Por una parte, sus insumos pueden medirse, como los gastos de I+D. Por otra, también la producción de la innovación, como las patentes. Debido a que son imperfectas y a veces no están disponibles o no pueden usarse, las medidas indirectas de la producción de innovación se necesitan para inferir la innovación. Todas estas soluciones potenciales tienen beneficios y desventajas, según se describe en el Recuadro 3.1.

3.1.1. Mediciones de los insumos de la innovación relacionada con el medio ambiente

Los insumos son sólo un factor del proceso general de la innovación, pero proporcionan una buena fuente de información sobre los recursos asignados a las actividades de invención. Las dos fuentes principales de este indicador son los gastos en las actividades de investigación y desarrollo y el número de investigaciones. El primero proporciona un conjunto de datos más rico, por medio de las divisiones entre los gastos público y privado, y la clasificación potencial entre los focos de investigación. Los insumos son en teoría un indicador importante, ya que identifican la intención de la empresa o la institución de investigación (debido a los recursos designados al objetivo). Estas medidas son independientes de los resultados del proceso de I+D, que tiene un factor de suerte asociado. Sin embargo, la presencia de las actividades de I+D no se traduce necesariamente en que la empresa sea innovadora. En una encuesta aplicada en diversos países, el porcentaje de las empresas que habían introducido una innovación de producto o proceso fue significativamente mayor que el porcentaje de las empresas que realizaron I+D (OCDE, 2009h).

Una de las cifras más utilizada (y ampliamente disponible) es la del nivel de los fondos del gobierno que se asignan directamente a la innovación. El gasto directo por parte de los gobiernos (que no incluye lo que se ofrece a través de la educación superior) aporta general-

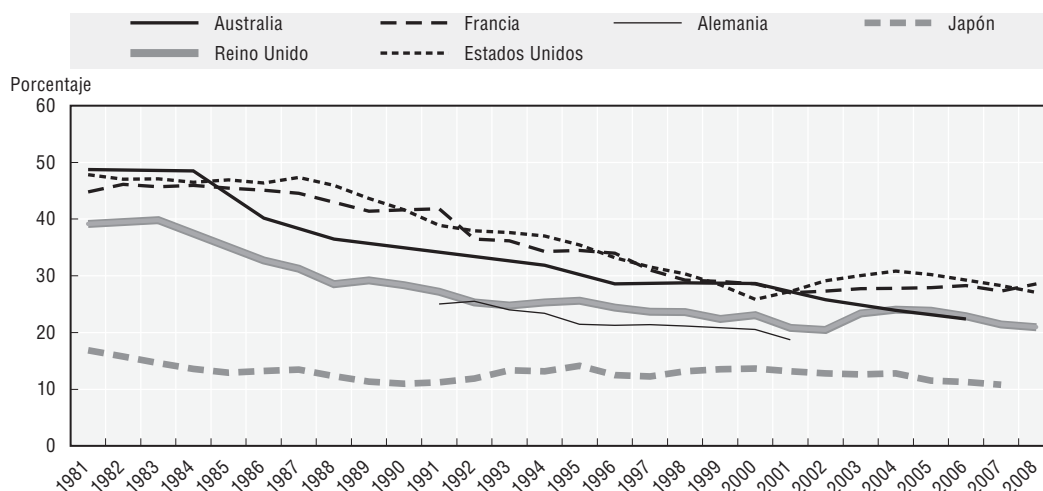
mente menos de la mitad del gasto total en I+D en la economía, como puede observarse en la Gráfica 3.1. Además, el papel de los gastos directos del gobierno en I+D ha disminuido en los últimos años, ya que el financiamiento a partir del sector privado y los establecimientos de educación han aumentado relativamente.

Recuadro 3.1. Medición de la innovación: ¿es diferente la investigación en el caso de los impuestos ambientales?

La elección de instrumentos de política pública para afrontar los problemas ambientales puede influir sobre el impacto en la innovación. Los enfoques más preceptivos, como los estándares normativos basados en la tecnología, establecen efectivamente un límite alrededor del rango de innovaciones que se pueden inducir y adoptar por las empresas de forma rentable. Las innovaciones estarán limitadas a una estrecha gama de reglamentos; por ejemplo, los que requieren lavadores de gases en las plantas eléctricas impulsadas por carbón, para reducir la contaminación en el aire, ofrecerán incentivos únicamente para una variedad limitada de actividades. Por otro lado, un impuesto sobre las emisiones de los mismos contaminantes aumenta considerablemente el tipo de innovaciones que una empresa puede desarrollar para reducir su pago de impuestos. Por lo tanto, se esperaría observar en los estudios una diferencia considerable en favor del potencial de innovación de un impuesto en comparación con un estándar basado en la economía.

Sin embargo, las implicaciones prácticas de la medición a veces resultan en trabajo empírico que no es fuerte. En el caso de la información de patentes, por ejemplo, explorar la relación entre el crecimiento de las patentes en un área bien definida (como los avances en el diseño de los lavadores de gases) y la introducción de estándares puede ofrecer resultados sólidos, ya que está bien definido el aislamiento de las clasificaciones de patentes que incluyen la innovación. Por otro lado, el alcance amplio de la innovación, con impuestos bien diseñados, dificulta considerablemente el proceso. Los impuestos pueden generar una producción más eficiente, nuevas medidas correctivas e incluso productos completamente nuevos, que se gravan dentro de sectores más grandes de la economía generalmente. Identificar todas las áreas posibles en las que se pueda realizar la innovación y la subsecuente búsqueda de relaciones potenciales con los regímenes fiscales puede ser difícil para los investigadores y, por ende, tener resultados menos sólidos estadísticamente a partir de la innovación inducida por los impuestos. El estudio de caso sobre los efectos de los impuestos y los estándares entre los distintos países (ver el Recuadro 3.6) resalta estos problemas en la práctica.

Existen retos al intentar verificar las subcategorías de la innovación a partir de esta información. Identificar el único propósito con un conjunto de investigación puede ser complicado, por ejemplo, la innovación para los objetivos ambientales (ver el debate en el Recuadro 3.1). Esto se hace más aparente conforme la investigación sigue una naturaleza básica. Por ejemplo, las innovaciones que se relacionan con la producción de contaminación durante la combustión podrían considerarse innovación que se relaciona con todo, desde el ambiente hasta el desempeño empresarial y la energía. Al reconocer estos problemas, los gobiernos de la OCDE han hecho un trabajo considerable para clasificar sus gastos de acuerdo con ciertas líneas de enfoque de la investigación. A continuación, en las Gráficas 3.2 y 3.3 se muestran la fracción de la investigación gubernamental y los gastos para el desarrollo asignados al medio ambiente y la energía, respectivamente. Desde 1981, el gasto gubernamental relativo a I+D ambiental ha aumentado ligeramente en Francia, notoriamente con incrementos sostenidos en el periodo. Los Estados Unidos de América y el Reino Unido han mantenido niveles bajos en comparación con otros países de la OCDE. Pueden

Gráfica 3.1. Participación directa del gobierno en los gastos totales de I+D

Fuente: OCDE (2,010a).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317426>

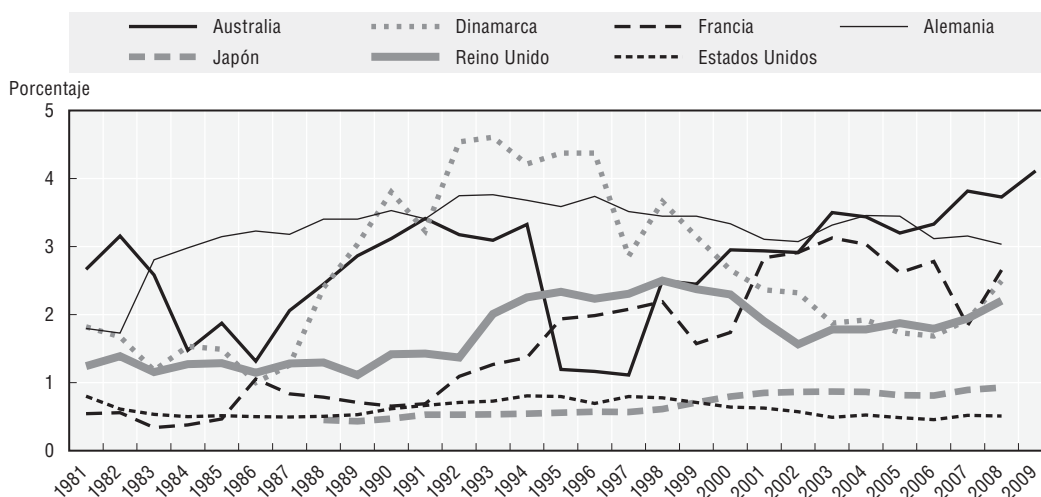
observarse grandes fluctuaciones de los niveles en Dinamarca, con aumentos importantes a mediados de la década de los años noventa.

Por otro lado, el gasto gubernamental de I+D para fines energéticos presenta una tendencia diferente: una de reducción a largo plazo. Incluso en años recientes, cuando los niveles han sido más bajos, son superiores a los niveles existentes para el medio ambiente. Aunque los datos sólo existen a partir de 1981, es probable que los choques de los años setenta, en el precio del petróleo, resultaran en aumentos considerables de I+D para la energía por parte de los gobiernos. Conforme los precios reales del petróleo regresaron a niveles menos elevados, los presupuestos limitados para I+D se redireccionaron a otras prioridades. El pequeño repunte en 2007 y 2008 sugiere que el incremento súbito en el precio del petróleo en este periodo también desempeñó un papel en el cambio de prioridades en I+D. Es probable que la menor escala del efecto, en comparación con los años setenta, sea resultado de una combinación del rezago en la respuesta del gobierno a los movimientos de precio y la naturaleza corta del incremento súbito. En general, la tendencia de I+D en energía sugiere que el aumento de precios puede tener impactos considerables en la dirección de las tendencias de I+D.

El tema principal es que los datos sobre I+D del sector privado no están disponibles en general y el problema se vuelve más pronunciado en el caso de I+D privado, que está desagregado de acuerdo con la intención general. Los impuestos relacionados con el medio ambiente estimularán precisamente este tipo de actividad, complicando las relaciones de base amplia entre los datos de I+D y los impuestos relacionados con el medio ambiente.

3.1.2. Mediciones de los productos directos de la innovación relacionada con el medio ambiente

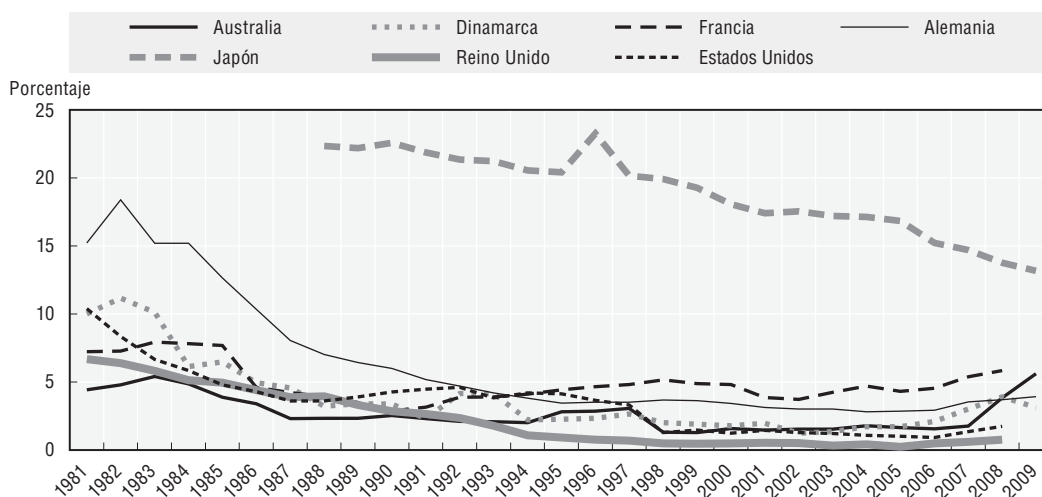
Con la creciente digitalización de la información, en especial respecto a las patentes, se incrementa la disponibilidad de la información sobre los productos de la innovación. Las patentes son una medición valiosa para los investigadores ya que identifican específicamente la producción de una innovación, el momento en que se creó y quién fue su creador. Las patentes proporcionan información valiosa sobre su naturaleza intrínseca y el sistema

Gráfica 3.2 Gastos ambientales de I+D en la asignación total del gobierno para I+D

Nota: Los datos se definen de acuerdo con el objetivo socioeconómico (en este caso, el control y cuidado del medio ambiente) a través de la “Nomenclatura para el análisis y la comparación de programas y presupuestos científicos” de Eurostat.

Fuente: OCDE (2010b).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317445>

Gráfica 3.3. Gastos energéticos de I+D en el presupuesto total del gobierno para I+D

Nota: Los datos se definen de acuerdo con el objetivo socioeconómico (en este caso, la producción, distribución y utilización racional de la energía) a través de la “Nomenclatura para el análisis y la comparación de programas y presupuestos científicos” de Eurostat.

Fuente: OCDE (2010b).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317464>

de patentes aporta pistas sobre el valor individual de las patentes, a través de la información sobre las menciones de los artículos y las transferencias internacionales. Las patentes son, por supuesto, una fuente útil de información sobre la innovación.

Aun cuando la OCDE (2009i) encontró que la mayoría de las innovaciones se han patentado, la evaluación de los datos de patentes excluye algunos tipos de innovación. Las innovaciones de regla general y las organizacionales son difíciles de patentar, si no es que

imposibles. Además, las patentes reflejan necesariamente la capacidad innovadora de un país que se ha caracterizado por la productividad de los investigadores, las políticas públicas de educación y otras herramientas de política pública (Rassenfosse y Pottelsberghe, 2009). Por lo tanto, los niveles de las patentes pueden ser influidos por la inclinación de un país a patentar, reflejada en las tradiciones legales, culturales y administrativas. Asimismo, el presente sistema de patentes puede tener un gran impacto sobre el nivel de las patentes, con tarifas administrativas y el grado de protección que el sistema ofrezca a los propietarios de patentes. Así pues, debe tenerse cuidado al sacar conclusiones a partir de las comparaciones sencillas de los datos de las patentes entre los distintos países.

Para superar algunos de estos problemas, la Oficina Europea de Patentes de la OCDE ha desarrollado una base de datos única (PATSTAT) que proporciona la información detallada sobre las patentes a nivel mundial (OCDE, 2004). Esta base de datos reúne las patentes de los países principales y las clasifica de acuerdo con diversas normas. Se actualiza regularmente, y contiene más de 70 millones de patentes con información significativa sobre su historia y objetivo previsto. Esta base de datos proporciona una fuente invaluable de investigadores y se ha utilizado en diversos casos de estudio efectuados para este proyecto.

Incluso con excelentes bases de datos, las estrategias de búsqueda aún son decisivas para obtener todas las patentes pertinentes y útiles en un área definida. Por ello, enfocarse en las “prioridades declaradas” (las solicitudes de patentes que se han declarado como prioridades en una entidad de patentes adicional más allá de las entidades iniciales) puede proporcionar ventajas significativas más allá de las búsquedas sencillas de las patentes (OCDE, 2009d):

- ayuda a filtrar las patentes de baja calidad que probablemente tengan poco o nulo valor, debido a que los costos del registro de patentes en las distintas jurisdicciones se buscarán sólo para aquellos con potencial económico;
- evita el conteo doble al agrupar las patentes entre las distintas jurisdicciones, y
- proporciona una cobertura verdaderamente mundial de las patentes.

3.1.3. Mediciones de los productos indirectos de la innovación relacionada con el medio ambiente

Además de los indicadores de la innovación relativamente bien definidos —los gastos en I+D o en patentes—, en ocasiones pueden utilizarse las mediciones indirectas para inferir la innovación cuando otras mediciones no estén disponibles o no sean útiles. Estas mediciones se ocupan de los efectos de la innovación en áreas de lo que se espera para la empresa, en vez de la innovación en sí misma. En términos de los impuestos sobre la contaminación, las mediciones indirectas de la innovación pueden incluir lo siguiente:

- *Costos marginales de reducción en descenso*: Las innovaciones relacionadas con el medio ambiente que son rentables de implementar por parte de la empresa ayudarán a disminuir los costos de reducción. Por lo tanto, la disminución de éstos de tipo marginal (o hacia dentro) puede indicar el grado de integración de las innovaciones en el *modus operandi* de la empresa.
- *Desvinculación entra la contaminación y la producción*: Las tendencias de desvinculación entre la contaminación y la producción pueden indicar el grado en que las innovaciones acaparan los sectores económicos, aunque los medios por los que se realiza la desvinculación pueden ser difusos.

- *Reducción de la contaminación dada la adopción de la tecnología:* La reducción de las emisiones, que justifica la adopción de las tecnologías existentes, puede proporcionar información sobre las innovaciones utilizadas por las empresas que van más allá de los métodos estándares de reducción.

Es importante considerar que las mediciones de la innovación que parecerían marcadamente indirectas podrían ocurrir debido a la influencia de los factores no relacionados con la innovación. Las ganancias de la eficiencia, los incrementos de la productividad o la sustitución de insumos podrían generar una producción menos intensiva en cuanto a la contaminación, y no la innovación. Por ejemplo, la separación de la contaminación de la producción podría ocurrir debido al aumento en la producción, resultando en economías de escala en el uso del combustible, y los aumentos en la productividad pueden resultar en las curvas de reducción marginal de los costos.

El estudio de caso del cargo al NO_x en Suecia, resumido en el Recuadro 3.2, ofrece un claro ejemplo de que el uso de las mediciones indirectas ha sido útil para el análisis, debido a que no estaban disponibles los datos sobre el gasto de I+D al nivel de las empresas, y los efectos de las patentes no podían relacionarse específicamente con la introducción del impuesto. A pesar de esto, los autores del estudio fueron capaces de inferir efectivamente que se había producido la innovación al utilizar un estudio a nivel de las empresas. Las curvas de reducción marginal de costos de las empresas presentaron un movimiento significativo hacia dentro, después de la introducción del impuesto. Esto sugiere que las empresas fueron capaces de alcanzar los niveles de emisiones a menor costo, por medio de la combinación de las mejoras en la productividad y la innovación. Mientras no fueron capaces de distinguir entre las ganancias de la productividad y las ganancias de la innovación, tal medida, en combinación con otros factores, sugiere que se necesita inducir la innovación mediante el cargo. En segundo lugar, las emisiones de NO_x se separaron de la generación de energía. Finalmente, incluso las empresas que no instalaron las tecnologías de reducción física, como las medidas de etapa final, todavía vieron las reducciones anuales en la intensidad de las emisiones, lo que sugiere que se efectúa a cabo la innovación incremental de procesos dentro de las plantas.

Recuadro 3.2. Estudio de caso: cargo al NO_x en Suecia

En 1992, Suecia implementó un cargo sobre las emisiones de óxido de nitrógeno (NO_x) generadas en las grandes plantas de combustión, especialmente las plantas de generación de energía eléctrica. Las emisiones de NO_x , que incluyen dióxido de nitrógeno (NO_2) y óxido nítrico (NO), contribuyen a la contaminación de ozono, la formación de lluvia ácida y la contaminación por partículas. Surgen de la combustión a temperatura alta. El cargo en Suecia fue relativamente alto, en comparación con los implementados en otros países, pero las ganancias se reciclaron de regreso a las empresas con base en la producción energética.

El cargo ha sido exitoso en la reducción de las emisiones de NO_x por parte de las empresas reguladas, por lo que se promovió la extensión del cobro a las instalaciones más pequeñas. Durante el periodo 1992-2007, permaneció relativamente estable el total de emisiones de NO_x de las plantas reguladas (aun con la extensión del cobro a las plantas más pequeñas y relativamente más contaminantes), mientras la producción energética aumentó 77%, lo que sugiere que el impuesto ha sido efectivo en la desvinculación entre la producción y las emisiones de NO_x . Uno de los primeros efectos del cargo fue que las empresas adoptaron equipo de reducción rápidamente, 62% de las empresas contaban con equipo de eliminación en 1993, en comparación con 7% en 1992. Este equipo favoreció la producción más limpia en lugar de la inversión de etapa final, lo que se espera con los instrumentos económicos más flexibles. La intensidad relativa de emisiones de NO_x de diversas empresas incluso

Recuadro 3.2. Estudio de caso: cargo al NO_x en Suecia (continuación)

aumentó en ese periodo, resultando generalmente en el cambio a combustibles más propensos a emitir NO_x pero que pueden ayudar a alcanzar otros objetivos de política ambiental.

El cargo sobre NO_x en Suecia no parece haber afectado el nivel de las patentes en las áreas relacionadas con NO_x. En el periodo 1988-1993 se observó un aumento significativo en los niveles de patentes, en comparación con los periodos de antes y después, y Suecia se colocó como uno de los principales inventores, con los ajustes por tamaño de la población. Aunque no fueron tan altas las patentes en el periodo después de 1993, Suecia se colocó como uno de los principales inventores relativos en el área. Sin embargo, es difícil romper con las interacciones entre el impuesto y la normativa preexistente, además de considerar el ángulo de la economía política en que, debido al aumento de patentes, podría aplicarse efectivamente un impuesto más alto.

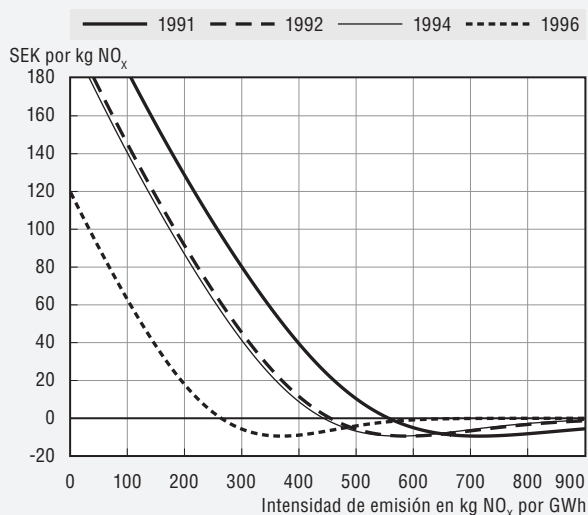
Sin embargo, esto no sugiere que no se esté innovando. Una característica importante del cargo en Suecia fue el uso de los dispositivos de monitoreo continuo, que ayudó a las empresas a reconocer el lugar y el momento de la formación de las emisiones de NO_x, y por lo tanto el modo óptimo de calibrar los instrumentos y el equipo para maximizar la relación entre la generación energética y las emisiones. Al observar la gráfica a la derecha, que identifica la curva de costos de reducción marginal para el sector energético en los años iniciales del cambio, puede verse claramente que disminuye el costo necesario para alcanzar un nivel dado de reducción. Esto sugiere la existencia de métodos innovadores de reducción, además de las ganancias de producción en los métodos de reducción existentes.

Por otra parte, se presentan reducciones anuales en las intensidades de emisión de las empresas, tanto para las que adoptan las nuevas tecnologías de mitigación física (disminución de 3.2%) como para las que no (disminución de 2.9%). Uno esperaría que el grupo de empresas que instalan tecnologías nuevas de mitigación física presentarían disminuciones continuas: la adopción por parte de los miembros nuevos reduce la intensidad a corto plazo y las eficiencias continuas a partir de la operación mejorada del equipo resulta en la disminución a largo plazo. La disminución por parte de las empresas que no adoptan equipo de mitigación física sugiere que se crea y adopta nuevas innovaciones de mitigación no física, que también se presentarán probablemente en las empresas que además adoptan las tecnologías de mitigación física. Estos logros se unen a la desvinculación entre las emisiones de NO_x y la generación eléctrica.

Por lo tanto, mientras la información de patentes es ambigua en relación con las tecnologías de reducción de las emisiones de NO_x, se observa aun así la innovación. Estas innovaciones requieren métodos de medición más indirecta, pero su importancia no debe minimizarse: contribuyen de manera significativa la reducción continua de las emisiones y la disminución continua de los costos de reducción. Para obtener una descripción más completa de este estudio de caso, ver el resumen en el Anexo A.

Fuente: OCDE (2009b).

Disminución marginal de las curvas de costos de los emisores gravados



<http://dx.doi.org/10.1787/888932317977>

Por lo tanto, sigue abierta la pregunta: ¿qué indicadores deben utilizarse al efectuar un análisis de la innovación? La información detallada de I+D ofrece una indicación clara de la intención de innovar por parte de las empresas, sin importar el resultado de dicho esfuerzo.

Sin embargo, los niveles de I+D no tienen un buen valor predictivo sobre los niveles de patentes, es decir, sobre el éxito de dicho esfuerzo (Klienkecht et al., 2002). Por otra parte, es prácticamente imposible obtener la información sobre las actividades detalladas de I+D, especialmente en el sector privado. La información de patentes puede ser una herramienta útil para inferir los insumos y la producción inventivos en los casos en que no exista la información detallada de I+D (Griliches, 1990). Las mediciones indirectas de la innovación también son importantes para el análisis de la historia de la misma. En consecuencia, ninguna medición de la innovación disponible es perfecta. Aunque se han dado pasos agigantados para obtener mejores fuentes de información, como la base de datos de patentes EPO/OCDE, debe tenerse cuidado al sacar conclusiones a partir de la información de la innovación y debe buscarse una amplia variedad de información.

3.2. Identificación de los beneficios y las desventajas de la innovación

Uno de los retos que enfrentan los investigadores y los encargados de la elaboración de políticas públicas es encontrar el modo de promover y medir la innovación que sea socialmente útil. No todas las innovaciones tienen resultados benéficos para la sociedad. Las innovaciones dirigidas hacia la evasión de impuestos o que no tienen ningún uso práctico (como el desarrollo de una máquina de telégrafos superior en el siglo XXI) no otorgan beneficios a la sociedad y restan esfuerzos que podrían utilizarse para obtener resultados más útiles. Algunas innovaciones, como las que hacen menos costosa la contaminación (piénsese en las nuevas innovaciones que permiten la extracción de petróleo eficiente en costos de ubicaciones previamente inaccesibles), pueden considerarse malas (aunque útiles) desde la perspectiva del medio ambiente. Al mismo tiempo, las evaluaciones subjetivas de la distinción entre las innovaciones útiles y no útiles pueden presentar problemas significativos.

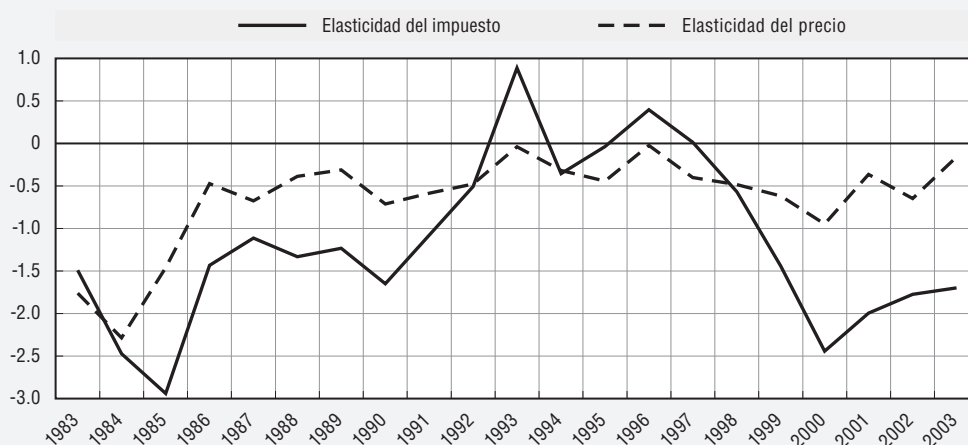
Al ver los ejemplos entre los distintos países, un método objetivo para asegurar que sólo se utilicen las innovaciones económicamente útiles es enfocarse en las patentes que se han registrado en más de una jurisdicción. Sólo aquellas innovaciones que se demuestren útiles justificarían el tiempo y los gastos de su registro en múltiples países. Además, uno puede analizar el efecto de las innovaciones en los costos para las empresas. Con el cargo sobre las emisiones de NO_x de Suecia (que se describe en el Recuadro 3.2), uno puede medir el efecto de la innovación en la disminución de los costos de reducción marginal de las empresas sujetas al impuesto, ya que sólo la innovación útil tendría impacto. A pesar de estos ejemplos, es difícil diferenciar entre la innovación útil y no útil, especialmente cuando se observan los insumos a la innovación, como el gasto en I+D. Por lo tanto, los encargados del diseño de políticas públicas deben entender que no toda la innovación beneficia a la sociedad, pero que encontrar el medio de identificar y promover las innovaciones útiles puede resultar igual de problemático. El Recuadro 3.3 muestra un ejemplo interesante.

Una vez que se ha desarrollado una innovación, los impactos ambientales y económicos pueden variar (y no siempre son beneficiosos). Por ello, los gobiernos tal vez quieran disuadir de manera activa algunas innovaciones en el mercado a la vez que se promuevan otras, a través del uso de los impuestos. En la Gráfica 3.4 se destacan las respuestas potenciales de los gobiernos frente a diversas combinaciones de externalidades económicas e impactos ambientales de las innovaciones.

El término *externalidad económica* es más fácil de interpretar en la parte superior de la gráfica, en la parte positiva. Esto se refiere al caso clásico de apoyo público para las inven-

Recuadro 3.3. ¿Es deseable toda la innovación? La innovación y la evasión de los impuestos relacionados con el medio ambiente

Muchos países de la OCDE establecen diferencias en los impuestos sobre el diesel de acuerdo con su uso final: las tarifas fiscales completas para el uso en carretera y los impuestos reducidos o la ausencia de éstos para uso fuera de carretera (por ejemplo, en la industria, la agricultura, la calefacción del hogar). Debido a que el combustible es casi idéntico para cualquiera de los dos usos, la posibilidad de que se eviten los impuestos es alta. En 2005, el diferencial de precios en muchos estados de EUA supera USD 0.13 por litro. Evidentemente, la evasión fiscal no es óptima: los ingresos gubernamentales se reducen y los evasores contribuyen a la pérdida de eficiencia. Marion y Muehlegger (2008) investigan el caso de los impuestos sobre el diesel en Estados Unidos, donde, a partir de octubre de 1993, se requirió que el diesel para uso fuera de carretera contuviera un pigmento inerte para ayudar a las autoridades a monitorear su cumplimiento de manera más efectiva. Además, se requirió que se agregara el pigmento cerca de su fuente de producción, para reducir los esfuerzos de monitoreo de los reguladores.



Esta innovación en la administración fiscal tuvo un impacto significativo e inmediato en el consumo del combustible, lo que explica una amplia variedad de factores distintos. Las ventas de combustible diesel (gravado) aumentaron inmediatamente, en alrededor de 25%-30%, mientras que el aceite combustible (un buen sustituto de combustible diesel que no está gravado) disminuyó inmediatamente. De acuerdo con lo que se espera en la teoría económica, este efecto es mayor en los estados con tarifas fiscales más altas.

Los autores realizaron análisis adicionales sobre las elasticidades de precio y de impuestos del combustible diesel. En el periodo previo al pigmento, estas cifras fueron estadísticamente distintas, lo que sugiere que hubo evasión. Después de agregar el pigmento, estos valores convergieron efectivamente. Sin embargo, una conclusión interesante se presenta cuando se analizan las elasticidades en una base anual (ver la gráfica anterior). En el periodo previo a 1993, existe una brecha persistente entre la elasticidad de precios y la de impuestos del combustible diesel. Esto sugiere la presencia de evasión, ya que sólo los evasores diferenciarían la conducta con base en un cambio fiscal en comparación con cualquier otro tipo de movimiento de precios. Con la introducción del pigmento en 1993, se cierra esta brecha, y la elasticidad fiscal se torna inferior a la de precios. Sin embargo, a partir de 1998, volvió a surgir la brecha entre ambas elasticidades. Esto sugiere que los evasores han innovado y han encontrado nuevos métodos para evitar el pago de impuestos, superando así los obstáculos de los pigmentos. Aunque es importante la innovación, es claro que este tipo no tiene beneficios sociales, que resultan en la pérdida de eficiencia de la economía.

ciones, ya que los beneficios económicos de un invento específico, para la sociedad en su totalidad, son mayores que lo que podrían captar los inventores potenciales. Sin embargo, también podríamos imaginar una situación en la que los beneficios para la sociedad de un invento específico sean menores que los beneficios que podría obtener un inventor (la externalidad económica negativa); por ejemplo, en las situaciones en que se distorsionaban los precios en la economía para que el inventor ganara “demasiado” por su invento.²

Gráfica 3.4 Impactos ambientales y externalidades económicas de las innovaciones

			Impacto ambiental			
			Positivo		Negativo	
			Grande	Pequeño	Grande	Pequeño
Impacto económico	Positivo	Grande	Caso “ideal” para el apoyo público de algún tipo – por ejemplo, becas públicas o tratamiento fiscal preferencial.	Debe darse algún tipo de apoyo.	Los beneficios económicos rebasan los obstáculos ambientales; todavía es un caso para apoyo público.	Se requieren más evaluaciones de los costos y beneficios.
		Pequeño	Debe darse algún tipo de apoyo.	Debe darse algún tipo de apoyo.	Se requieren más evaluaciones de los costos y beneficios.	Los impactos ambientales son demasiado negativos, no debe brindarse apoyo.
	Negativo	Pequeño	Los beneficios ambientales rebasan los obstáculos económicos; todavía es un caso para apoyo público.	Se requieren más evaluaciones de los costos y beneficios.	No debe brindarse apoyo.	No debe brindarse apoyo.
		Grande	Se requieren más evaluaciones de los costos y beneficios.	Los impactos económicos son demasiado negativos, no debe brindarse apoyo.	No debe brindarse apoyo.	No debe brindarse apoyo; se debe limitar la aplicación de tales tecnologías, por ejemplo mediante a través de los impuestos.

En la Gráfica 3.4 se indica que, en dichos casos, también debe justificarse el apoyo público para una invención específica, si la externalidad económica negativa no es grande, y si el impacto ambiental positivo de la innovación es lo suficientemente grande. También tendría sentido proporcionar apoyo público a las invenciones que impliquen impactos ambientales negativos, si éstos son pequeños, y si son grandes las externalidades económicas positivas relacionadas con el medio ambiente.

Obviamente, es casi imposible determinar *ex ante* los impactos económicos y ambientales implícitos en las invenciones potenciales posteriores a un programa de apoyo público específico; esto sólo puede encontrarse (y con gran dificultad) de manera *ex post*. Sin embargo, puede ser útil considerar los posibles resultados al diseñar los instrumentos de política pública dirigidos hacia la promoción de invenciones relacionadas con el medio ambiente (y buscar la manera de evitar los inventos de apoyo que pertenecen a la parte inferior derecha de la tabla). Si se desarrollan dichos inventos de todas formas, se podrían utilizar los impuestos relacionados con el medio ambiente para limitar su difusión adicional.

3.3. Estudios de caso de sistemas tributarios relacionados con el medio ambiente y el incentivo para la innovación

Es evidente que la innovación es importante para tener políticas ambientales efectivas, pero la cuestión es si los impuestos o los sistemas de permisos negociables (ver el Recuadro 3.4 que presenta argumentos adicionales sobre las similitudes de ambos instrumentos) desempeñan verdaderamente un papel.

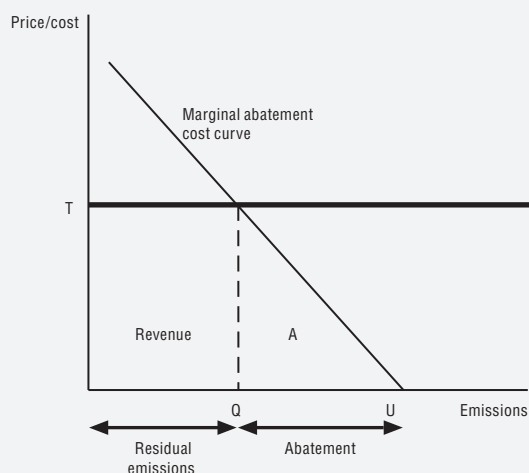
Recuadro 3.4. Similitudes entre los impuestos relacionados con el medio ambiente y los permisos negociables

Cuando los gobiernos buscan responder a los retos ambientales mediante instrumentos basados en el mercado, el debate se da generalmente entre los impuestos y los permisos negociables. Sin embargo, las diferencias entre ambos son pequeñas en teoría, si se asume que existe un grado considerable de certidumbre sobre el futuro. En específico:

1. Si un impuesto ambiental establecido con una tarifa de emisiones T por unidad lleva a un nivel de emisiones Q regular, entonces el mismo problema al emitir una cantidad Q de permisos de emisión negociables resultaría en un precio de permiso por unidad de emisiones T (si el mercado de permisos es competitivo).
2. El nivel y el patrón de reducción de la contaminación, además de los incentivos para la innovación, serán iguales en ambos instrumentos. En los dos casos, los incentivos para las empresas, para la reducción en el margen es de T por unidad de emisiones, y las empresas intentarán hacer las reducciones, mientras que los costos por unidad son menores que el incentivo. En el diagrama, la reducción desarrollada disminuye las emisiones a Q desde el nivel prerreglamentario U .
3. Lo mismo sucederá con los costos de reducción incurridos por las empresas. Los costos totales de reducción incurridos por las empresas por reducir sus emisiones de U a Q se representan con el área denominada A , bajo el programa de costos de reducción marginal.

Las propiedades 1-3 se mantienen sin importar si dichos permisos se venden o distribuyen gratuitamente (por ejemplo, en una subasta). En cualquier caso, el valor del último permiso utilizado se otorga de acuerdo con el costo de reducción en que se hubiera incurrido de otra manera; esto se hace de acuerdo con el costo de reducción marginal en el nivel de emisión Q , que es T por unidad. Por lo tanto, el valor de los permisos negociables para las emisiones es independiente del modo en que se distribuyan los permisos (mientras el mercado sea competitivo). Cuando se subastan los permisos, existe otro punto de similitud entre los impuestos a las emisiones y los permisos negociables para las emisiones:

4. Si se venden los permisos en una subasta competitiva, entonces el rendimiento de ingresos será $Q \cdot T$, que es el mismo en el caso de las ganancias fiscales si se recauda el impuesto relacionado con el medio ambiente



Por este motivo, la presente publicación se refiere tanto a los impuestos relacionados con el medio ambiente como a los permisos negociables, y los estudios de caso se han presentado utilizando ambos instrumentos. Sin embargo, cabe destacar que las variaciones en el mundo real pueden causar diferencias entre ambos instrumentos. En primer lugar, la información normalmente nunca es perfecta, por lo que los encargados del diseño de políticas públicas dependen de las suposiciones y deben considerar las tolerancias de riesgo asociadas con los errores de sus suposiciones. Si los costos del incremento en actividades de reducción se aumenta demasiado rápido al abordar la reducción (o sea que la curva de los costos de reducción marginal sea más pronunciada que la de los daños marginales), existe la posibilidad de que el límite sobre las emisiones aporte permisos de precios altos. En esta instancia, los impuestos podrían ser un instrumento más adecuado para equilibrar las compensaciones económicas y ambientales. Cuando se considera que la curva del daño marginal es más elevada, el resultado puede ser opuesto.

En segundo, deben considerarse los costos de cumplimiento y administrativos de los instrumentos. En tercer lugar, la eficiencia de los mercados de permisos no siempre está garantizada, debido a las preocupaciones sobre

Recuadro 3.4. Similitudes entre los impuestos relacionados con el medio ambiente y los permisos negociables (continuación)

el poder del mercado, la extensión de la participación, el nivel de comercio y las construcciones de los diseños. En cuarto, en el régimen tributario las innovaciones recientes resultarían efectivamente en la reducción de las emisiones totales, si no se modifica la tarifa fiscal. Con un sistema de limitación y comercio, las innovaciones de este tipo no alterarían el total de emisiones, mientras la limitación no se modifique, pero los precios de los permisos disminuirían. Sin embargo, en principio, en ambos casos, debería modificarse la política pública si las innovaciones recientes disminuyen los costos de reducción, suponiendo que estaba en un nivel óptimo antes de que tuviera lugar la innovación. En un régimen fiscal, se debería reducir la tasa fiscal; en un régimen de limitación y comercio, debería reducirse el número total de permisos. Finalmente, existe una diferencia importante entre el modo de interacción del régimen fiscal y el de limitación y comercio con otros instrumentos de política pública que se aplican al mismo problema ambiental. Con un impuesto a la contaminación, los instrumentos de política pública podrían generar una reducción de emisiones adicional; bajo el régimen de limitación y comercio, ése no es el caso. Como el límite está fijo, la reducción adicional sólo disminuirá el precio de los permisos.

Fuente: OCDE (2008).

Antes de analizar los impuestos con más precisión, los investigadores estudiaron la capacidad de los cambios generales en los precios para inducir la innovación en las empresas. En el terreno del medio ambiente, los precios del petróleo, las tarifas eléctricas y otras mercancías se han utilizado para estudiar el impacto de sus precios sobre la demanda, además del efecto en la innovación. Lichtenberg (1986 y 1987) encontró que los precios de la energía en EUA, principalmente en los años setenta, sí tuvieron un impacto en el nivel relativo de gastos de I+D para los proyectos relacionados con la energía, haciendo uso de los efectos considerables en los precios en ese periodo. Popp (2001) encontró que se pueden desagregar los cambios en el consumo energético debidos a los cambios de precio: dos terceras partes del consumo energético resultan de la sustitución de factores inducidos por el precio, mientras el tercio restante se debe a la innovación inducida por el precio. Popp (2002) investiga los precios de la energía de las tecnologías de eficiencia energética y encuentra que los precios más altos no sólo alejaron a las empresas de los procesos energéticamente intensivos, sino que también indujeron la innovación a usar los nuevos métodos de ahorro de energía. Además, su trabajo resalta que parecen disminuir las ganancias de I+D y que el suministro de ideas (o sea la reserva de conocimientos existentes) también es crítico. Por otra parte, el efecto del precio en la innovación es bastante rápido: aproximadamente la mitad del efecto total en la innovación de los incrementos al precio de la energía se observa durante cinco años. Finalmente, Kumar y Managi (2009) y Crabb y Johnson (2010) encontraron que los incrementos en el precio del petróleo en el largo plazo inducen un progreso tecnológico considerable.

Al modelarse específicamente en el cambio climático, la OCDE (2009a) encontró que los precios del carbono dirigidos hacia la estabilización de los niveles de concentración de CO₂ en la atmósfera inducirían un aumento de tres veces los gastos de I+D de energía como porcentaje del PIB (y cuatro veces los correspondiente a I+D de energía renovable). Al aumentar el rigor, que lleva a precios más altos del carbono, el nivel de gastos de I+D aumenta más que proporcionalmente, debido al aumento de los costos marginales de reducción. A pesar de dichos aumentos, son pequeños los efectos traducidos a los costos de la mitigación del cambio climático: forzar que I+D permanezca en el nivel de la base de referencia del modelo sólo aumentaría los costos ligeramente para 2052, suponiendo que

no se desarrollara ninguna tecnología muy importante. Sin embargo, las tecnologías de respaldo (o de ruptura) están incorporadas, los costos de las políticas públicas se han reducido a la mitad, como se puede ver en la Gráfica 1.1.

El trabajo a la fecha sobre la eficacia de los instrumentos económicos para inducir la innovación no es extenso. Uno de los ejemplos más analizados es el caso del control del dióxido de azufre (SO_2) en Estados Unidos de América en los años noventa. Burtraw (2000) encontró que los sistemas de permisos negociables (uno de los primeros esquemas a gran escala) en varios estados del noreste lograron alcanzar sus objetivos con un costo significativamente menor que aquel sugerido en los análisis *ex ante*. Alcanzados en su mayoría a través de métodos innovadores, estas reducciones en los costos se obtuvieron fuera de los medios innovadores patentables tradicionales. Los cambios en los procesos de innovación, el comportamiento organizacional y los mercados de insumos fueron elementos centrales. Por ejemplo, la flexibilidad del esquema de permisos negociables impulsó el uso extendido del carbón bajo en azufre, facilitado por la innovación técnica y la reorganización industrial del sector de ferrocarriles después de la desregulación que se llevó a cabo a mediados de los años ochenta. Se descubrieron técnicas nuevas de mezcla de combustibles. Las plantas impactadas modificaron sus estructuras organizacionales, transfiriendo la responsabilidad del esquema de comercio de los químicos a los directores de finanzas. Estas innovaciones fueron críticas para el éxito global del programa, pero muchas no fueron patentables. Algunos análisis han sugerido que las empresas estaban mejor después de la introducción del sistema de permisos negociables, aunque las ganancias inesperadas de la distribución libre de los permisos pueden haber contribuido a esto.

El potencial de dichos resultados ha llevado a la discusión de la hipótesis de Porter (Porter, 1991; Porter y Van der Linde, 1995), que sugiere que las políticas ambientales nuevas, incluyendo los impuestos, pueden servir de choque para inducir a las empresas a reevaluar sus operaciones. Al hacerlo, puede hallarse que las innovaciones que responden a las nuevas políticas ambientales abordan mejor los niveles de contaminación, pero también incrementan la rentabilidad de la empresa, ya que las empresas no habían explorado todas las oportunidades rentables previamente. Esta situación en la que todos ganan se reduce a una “comida gratuita” [o incluso una “comida pagada” según describieron Jaffe y Palmer (1997)] para la política ambiental: mayor protección para el medio ambiente y empresas más rentables. A pesar de su reciente popularidad, y el hecho de que sí existen algunos ejemplos, la evidencia empírica global de la hipótesis de Porter no es muy fuerte (véase el Recuadro 3.5).

Recuadro 3.5. La hipótesis de Porter

Es difícil ignorar lo atractiva que resulta la hipótesis de Porter —según la cual los beneficios financieros para las empresas impactadas por el reglamento ambiental mejorado exceden por sí mismos el costo de su implementación, aumentando así la rentabilidad de la empresa— para los encargados de la elaboración de políticas públicas. Sin embargo, hacen falta las pruebas convincentes, y existe la preocupación de que la investigación inicial se haya basado en diversos casos de entre cientos de miles de empresas (Palmer et al., 1995).

El trabajo teórico reciente sugiere que sí existen casos limitados en los que puede ser válida la hipótesis de Porter, dadas ciertas suposiciones (véase, por ejemplo, Popp, 2005; Greiner, 2003). Sin embargo, tanto los estudios llevados a cabo por países específicos (Brännlund y Kundgren, 2009, por ejemplo) como las revisiones de la literatura empírica general (como la de Ambec y Barla, 2006) encuentran normalmente que los reglamentos ambientales tienen un impacto negativo

Recuadro 3.5. La hipótesis de Porter (continuación)

en la productividad global de la empresa, y que sólo existe evidencia mixta sobre la relación entre el rendimiento financiero y el ambiental.

Existe evidencia más fuerte para las variantes de la hipótesis de Porter, según detallan Jaffe y Palmer (1997). Esta forma “débil” sugiere que la normativa ambiental estimulará la innovación ambiental, mientras que la forma “estrecha” sugiere que las políticas ambientales más flexibles ofrecen mayores incentivos para la innovación. Esto en contraparte a la forma “fuerte” en la que la reglamentación bien diseñada podría inducir la innovación que ahorre los costos y que compense más por el costo del cumplimiento. Lanoie et al. (2010) intentan analizar las variantes de la hipótesis de Porter utilizando las encuestas de la OCDE sobre las empresas. Primero, encuentran evidencia sólida de que la exigencia ambiental se correlaciona de manera positiva con las actividades de I+D ambiental en las empresas. Además, el rendimiento ambiental y de negocios se correlaciona positivamente, confirmando así las otras conclusiones de que las empresas que buscan modos de ser más eficientes (como en el caso del uso del combustible, por ejemplo) o presentan a los clientes mejores credenciales en materia del medio ambiente también presentan un mejor rendimiento empresarial. Al mismo tiempo, la exigencia de las políticas ambientales se correlaciona positivamente con el rendimiento ambiental y negativamente con el rendimiento empresarial. Lo que estas conclusiones parecen sugerir es que se recompensa positivamente a las empresas al llevar a cabo actividades que respondan tanto a los objetivos financieros como ambientales, tal como la eficiencia energética. Al mismo tiempo, el hecho de que las empresas se vean afectadas negativamente por la introducción de las políticas ambientales por parte de los gobiernos sugiere que la versión fuerte de la hipótesis de Porter no se sostiene (aunque sí sugiere que estas políticas se dirigen realmente a las emisiones que de otro modo no se abordarían dentro del sector privado). Las formas “débil” y “estrecha” de la hipótesis de Porter se exploran en otra sección de este informe, fuera el marco de la hipótesis de Porter.

La sugerencia de que las políticas ambientales pueden inducir una mayor rentabilidad entre las empresas impactadas plantea también preguntas más amplias. En un mercado abierto, la presencia de los niveles aumentados de rentabilidad (que en teoría deben ser bajos, ya que la mayoría de los beneficios se deben pasar a los clientes) sugiere que puede haber obstáculos para el funcionamiento normal del mercado. En términos de la hipótesis de Porter, el hecho de que aumente la rentabilidad para algunas empresas selectas puede sugerir que existen imperfecciones, tales como el poder del mercado. Los encargados del diseño de políticas públicas se deberían preocupar por el impacto de las políticas ambientales sobre el rendimiento de las empresas; de igual modo, el potencial de inducción a un nivel persistente de alto rendimiento por parte de las empresas podría sugerir que existen otras consideraciones negativas que los encargados de elaborar políticas públicas deben considerar.

Aunque existen algunos ejemplos importantes, como el anterior, existen pocos estudios científicos que investiguen las relaciones entre los impuestos, la innovación y el medio ambiente. Es difícil investigar la innovación dentro de las empresas y entre los distintos sectores, especialmente la investigación de los vínculos potenciales con las políticas ambientales flexibles. Por lo tanto, se examinarán los estudios de caso que se han elaborado especialmente para este proyecto con objeto de investigar este vacío.

Como se ha mencionado, uno de los impuestos relacionados con el medio ambiente que más se utiliza entre las economías de la OCDE es el impuesto sobre los combustibles para vehículos motorizados, como la gasolina y el diesel. Los impuestos sobre los combustibles de motor casi siempre se gravan en el mismo periodo que los reglamentos para los

productores de vehículos en materia de las emisiones vehiculares que estén en vigor (y dichos reglamentos se intensifiquen). Es probable que estas políticas, que se dirigen tanto a los productores como a los consumidores, incluyan incentivos de apoyo para la innovación. Se realizó un estudio entre distintos países, como se describe en el Recuadro 3.6, para investigar el modo en que interactuaron estos instrumentos de política ambiental y cómo afectaron el nivel y el tipo de patentes.

Este análisis entre países se enfocó en los impuestos a la gasolina, los precios de la gasolina y la rigidez normativa de las emisiones de los tubos de escape y la eficiencia del combustible en Estados Unidos de América, Alemania y Japón. La rigidez reglamentaria, especialmente en relación con las emisiones de CO y NO_x, parece haber tenido un efecto positivo en las patentes de las tecnologías de etapa final y un diseño de motores mejorado, respectivamente. No se encontró ningún efecto sobre las patentes por causa de las limitaciones de eficiencia del combustible. Respecto a los impuestos y precios de la gasolina, los resultados fueron mixtos. Los impuestos parecen tener una influencia positiva sobre la innovación en las medidas de eficiencia de combustibles no relacionados con motores (como la aerodinámica y la resistencia a la rodadura). Sin embargo, el signo y el significado de los coeficientes son sensibles a la especificación de la ecuación de regresión, los signos de los coeficientes de los impuestos y los precios suelen ser opuestos (cuando la hipótesis sería que cualquier movimiento de precios debería tener un efecto similar). El trabajo adicional en esta área podría aclarar algunos de estos temas.

Los diversos estudios de caso que se llevaron a cabo para este proyecto resaltan la dificultad de efectuar pruebas empíricas sobre los impactos en la innovación derivados de los impuestos relacionados con el medio ambiente. Cuando se han identificado las tasas de impuestos a gran escala, como aquellos gravados sobre los combustibles para vehículos motorizados, existe mucho ruido por la variación entre los distintos países, movimientos subyacentes de los precios de los productos y la interacción de muchos otros instrumentos de política económica y ambiental. Estas interacciones pueden representar un obstáculo para la obtención de conclusiones claras sobre los impactos específicos de los impuestos relacionados con el medio ambiente en la innovación. En contraste, los impuestos ambientales gravados en menor escala y en jurisdicciones individuales parecen inducir la innovación sin disparar los indicadores de innovación esperados, por ejemplo, los recuentos de patentes.

Además de la dificultad de encontrar los efectos de los impuestos ambientales en los datos, también existe el problema de obtener los datos en primer lugar. Los instrumentos de política pública requieren periodos de implementación y tiempo para lograr el funcionamiento adecuado del impuesto o el esquema de permisos negociables. Se pospone necesariamente la colección de datos, por lo que el análisis *ex post* de dichas medidas seguiría considerablemente más tarde. El estudio de casos del Sistema de Comercio de Emisiones de Corea, según se describe en el Recuadro 3.7, proporciona un ejemplo claro de algunos asuntos. Aunque el programa se inauguró a inicios de 2008, seguramente pasarán muchos años antes de que existan suficientes datos para llevar a cabo un análisis a gran escala de la eficacia del esquema en los terrenos ambiental, económico y de la innovación.

En conjunto, los estudios de caso identificados hasta ahora, además de los otros estudios de caso presentados a continuación en este capítulo y en el Capítulo 4, presentan una mezcla de respuestas en cuanto a la eficacia de los impuestos relacionados con el medio ambiente. Por un lado, existen ejemplos fuertes. El estudio de caso de Suecia (véase el Recuadro 3.2) resaltó el impacto significativo que pueden tener los impuestos sobre la estimulación de múltiples tipos de innovación y las numerosas maneras necesarias para ana-

Recuadro 3.6. Estudio de caso: impuestos sobre el combustible y estándares sobre la actividad de las patentes entre distintos países

Se ha utilizado una amplia gama de herramientas política pública, económicas y ambientales en las economías de la OCDE para abordar la eficiencia del combustible, y las emisiones de contaminación en el aire de los vehículos motorizados: límites reglamentarios de las emisiones, estándares de eficiencia de combustible, composición del combustible, impuestos sobre los combustibles fósiles e incluso los límites de velocidad. Debido a la naturaleza del mercado de vehículos y la amplia variedad de instrumentos ambientales que utilizan, esta área ofrece una fuente rica para la exploración de los impactos en la innovación de los impuestos sobre los combustibles de motor en comparación con otros instrumentos.

Como parte de este estudio de caso, se investigaron los estándares de las emisiones de CO, HC, NO_x y PM, los estándares de la eficiencia del combustible, además de los impuestos sobre la gasolina y los precios no tributarios de la gasolina en diversas economías de la OCDE. Estos estándares se evaluaron en comparación con los datos de las patentes, divididos entre los tres* tipos principales de innovación que se pueden esperar cuando estos instrumentos entran en vigor:

- Innovaciones de etapa final dirigidas hacia ciertos contaminantes del aire en específico (como los convertidores catalíticos).
- Innovaciones de producción relacionadas con los motores (como la inyección de combustible y los sistemas de diagnóstico a bordo).
- Innovaciones de producción no relacionadas con los motores (como el diseño aerodinámico y la resistencia al rodamiento).

De estas tres categorías, las patentes correspondientes al periodo 1965-2005 favorecían significativamente las innovaciones relacionadas con los motores (72%) y las innovaciones de etapa final (21%); las innovaciones no relacionadas con los motores tenían un porcentaje bastante pequeño (7%). Las innovaciones se presentaron en clústers significativos en tres países (Estados Unidos de América, Japón y Alemania), con 89.2% de las patentes relacionadas en 19 economías de la OCDE que tienen o tuvieron instalaciones de producción vehicular. Los resultados de la regresión de diversos estándares e impuestos en las tres categorías de patentes entre los tres países arrojan datos interesantes en las regresiones OLS estándar:

	Innovaciones de etapa final		Innovaciones de producción relacionada con motores		Innovaciones de producción no relacionada con motores	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Estándar de CO (km/g)	9.30*** (2.84)	9.54*** (2.75)	-11.58 (8.96)	-9.24 (7.41)	-2.78** (1.29)	-1.64 (1.20)
Estándar de HC (km/g)	-0.78 (0.61)	-0.95 (0.71)	-8.83*** (1.91)	-8.36*** (1.91)	-0.97*** (0.28)	-0.56* (0.31)
Estándar de NO _x (km/g)	1.60 (4.07)	-2.93 (5.27)	57.05*** (12.83)	40.12*** (14.12)	11.57*** (1.85)	6.40*** (2.30)
Estándar de PM (km/g)	-0.38 (0.75)	-0.13 (0.97)	-6.25*** (2.36)	-5.54*** (2.60)	-1.60*** (0.34)	-1.31*** (0.42)
Estándar de eficiencia de combustible (L/100 km)	-3.00*** (1.13)	-0.52 (1.28)	-4.49 (3.55)	0.59 (0.86)	0.29 (0.51)	0.18 (0.56)
Impuestos sobre la gasolina	5.67 (60.76)	-209.04*** (68.90)	456.34** (191.37)	-223.65 (185.62)	108.05*** (27.62)	88.27*** (30.10)
Precios de la gasolina	-67.01*** (22.21)	101.16*** (36.41)	-78.35 (69.96)	468.72*** (98.10)	-32.34*** (10.10)	-13.87 (15.91)
Efectos fijos por tiempo	No	Yes	No	Yes	No	Yes
R ₂ ajustado	0.76	0.65	0.90	0.89	0.66	0.80

Recuadro 3.6. Estudio de caso: impuestos sobre el combustible y estándares sobre la actividad de las patentes entre distintos países (continuación)

Nota: Todas las regresiones tuvieron 108 observaciones e incluyeron controles para los recuentos de patentes totales y los efectos fijos por país.

* Indica $p < 0.05$.

** Indica $p < 0.01$.

*** Indica $p < 0.001$.

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318034>

Destacan dos características desconcertantes a partir del análisis anterior: i) el impacto que tienen los efectos fijos en el tiempo en el signo y el significado de las variables, especialmente los impuestos y precios de la gasolina; y ii) los signos distintos de los impuestos sobre la gasolina y los precios de la gasolina. En relación con el primer tema, el efecto generalmente negativo de los precios de la gasolina, en las regresiones sin efectos fijos por tiempo, sugiere que es poco probable que los crecientes precios de la gasolina tengan un efecto contemporáneo en las invenciones. Los incrementos súbitos en el precio del petróleo suelen ser inesperados, y la primera reacción por parte de los consumidores es reducir el consumo de combustible al conducir menos y comprar vehículos de consumo eficiente de combustible de la mercancía existente, reducir las emisiones y, por lo tanto, señalar a los inventores que hay menos presión para inventar nuevas tecnologías que controlen las emisiones. Esto difiere de los impuestos sobre la gasolina que se pueden debatir en público frecuentemente (o no tienen efecto de inmediato) y por ende son menos esperados. En relación con el segundo asunto, no se puede explicar fácilmente, especialmente en el caso del segundo inciso, ya que se esperaría que los signos de los precios de la gasolina y los impuestos fueran iguales (ya que tienen el mismo efecto en el consumidor). Estos asuntos sugieren que se necesita trabajar más en esta área y que se debe tener cuidado al sacar conclusiones a partir del análisis anterior.

Al reconocer estas señales, se pueden observar diversas tendencias interesantes:

- Primero, los estándares de eficiencia del combustible parecen tener poco efecto discernible sobre la actividad de las patentes, excepto en el caso de la regresión (1), aun en las tecnologías no relacionadas con los motores, que se verían directamente afectadas por dichas actividades.
- Segundo, los estándares normativos más estrictos sobre las emisiones de CO y NO_x parecen tener impactos positivos en las patentes en ciertos campos. La ausencia de conclusiones más firmes entre los contaminantes se puede deber al hecho de que existen compensaciones significativas en la reducción de contaminación de este tipo (por ejemplo, aumentar la reducción de NO_x en los convertidores catalíticos al cambiar la relación de aire a combustible incrementa de manera significativa las emisiones de CO y HC).
- Finalmente, y de mayor importancia para este proyecto, se presenta la variación significativa entre los impuestos sobre la gasolina y sus precios, debida principalmente a la inclusión (o falta de) los efectos fijos por tiempo. Resulta reconfortante que los impuestos sobre la gasolina en las ecuaciones (5) y (6) tengan un impacto positivo y considerable en las patentes que se relacionan principalmente con la eficiencia del combustible, aunque los precios de la gasolina sean significativos (podría ser que el efecto retardado de los precios de la gasolina sea más relevante debido a la imprevisibilidad de los movimientos del precio del petróleo en comparación con la estabilidad y la previsibilidad de los niveles de los impuestos especiales). Es obvio que los impuestos sobre la gasolina parecen tener un impacto, pero se necesita investigar más para obtener conclusiones más claras.

Los resultados de este estudio de caso son congruentes generalmente con los resultados de los estudios similares, que encontraron que los precios de la gasolina después de impuestos se asociaron positivamente con las patentes de diseño de motores, mientras que el efecto de la política ambiental de mando y control (representada por el mandato del sistema de diagnóstico a bordo de los Estados Unidos de América) no fue significativo. Lo inverso sucedió en el caso de la innovación de etapa final: los precios de la gasolina después

Recuadro 3.6. Estudio de caso: impuestos sobre el combustible y estándares sobre la actividad de las patentes entre distintos países (*continuación*)

de impuestos no tuvieron mucho efecto, mientras que las políticas de mando y control fueron considerables (Vries y Medhi, 2008).

* Fue posible un cuarto tipo de innovación (la innovación de insumos relacionada con los avances en los combustibles de combustión más limpia), pero estas patentes sólo representaron 0.1% de las patentes de las cuatro categorías, y por lo tanto no se exploraron en el análisis de regresión.

Fuente: OCDE (2009f).

Recuadro 3.7. Estudio de caso: el sistema de comercio de emisiones de Corea

Corea tiene uno de los peores niveles de contaminación del aire urbano entre las economías de la OCDE. En respuesta, el gobierno introdujo el programa de comercio de emisiones en enero de 2008, que cubre la mayoría de las emisiones de NO_x, SO_x, PM10 y COV. La primera etapa cubrió a los emisores más grandes, y los emisores más pequeños se introdujeron en el programa en julio de 2009. El primer año se fijó el límite en cinco años con emisiones promedio, con un límite que se disminuirá gradualmente hasta 2014, cuando alcanzará un límite especificado. Existe la diferenciación geográfica, de tal modo que cada gobierno provincial y cada ciudad dentro del programa emitirá permisos para esa región, en reconocimiento del hecho de que las concentraciones locales de algunos contaminantes pueden variar de manera significativa entre las regiones.

En las últimas décadas, y en esta década en particular, Corea ha avanzado considerablemente en la tecnología en materia de la contaminación del aire, y contaban con 23.1% de las patentes a nivel mundial entre 2000 y 2004, sólo detrás de Estados Unidos de América. Las empresas también han invertido considerablemente en el equipo de reducción. Sin embargo, muchos de los datos están relacionados con políticas y acciones gubernamentales del pasado. Con la introducción del programa de comercio de emisiones recién iniciado, es simplemente imposible, en esta etapa, obtener datos relevantes y evaluarlos en comparación con la introducción del programa. Se espera que el trabajo adicional en esta área proporcione material interesante para la investigación en el futuro.

Fuente: OCDE (2009e).

lizar los impactos de la innovación. En Suiza (véase el Recuadro 3.8), el impuesto sobre los compuestos orgánicos volátiles (COV) generó un cambio significativo de conducta y generó muchas innovaciones a pequeña escala, que son difíciles de captar en los datos agregados.

Por otro lado, existen estudios de caso en los que el resultado no es tan definitivo. La tasa reducida de impuestos del Reino Unido (véase el Recuadro 4.1) mostró que las empresas con menor carga son menos innovadoras, pero no necesariamente en el caso de los tipos de innovación que reciben el estímulo del impuesto. En una comparación de los impuestos, precios y estándares del combustible, entre los países (véase el Recuadro 3.6), los efectos de los impuestos en la innovación en el sector de los vehículos de motor no fueron concluyentes. En algunos casos, la confluencia de diversos factores imposibilitó prácticamente la ruptura del efecto de los impuestos, como en el caso de los impuestos sobre el agua en Israel (véase el Recuadro 4.3) y el rango de factores que enfrentan las empresas en el Reino Unido (véase el Recuadro 4.6). En otros casos, el impuesto tuvo un efecto sobre la innovación, pero el diseño del impuesto fue tal que el efecto fue negativo para el desarrollo de la innovación (aunque se presentaron efectos positivos en la difusión), como en el caso del cargo a la contaminación de aire de Japón (véase el Recuadro 4.2). Lo que esto sugiere es que revelar la eficacia directa de los impuestos relacionados con el medio ambiente para

inducir la innovación no es un proceso directo, ya que se presentan los impactos en los problemas de la información, además del diseño del impuesto. Estos asuntos se abordarán en secciones y capítulos posteriores.

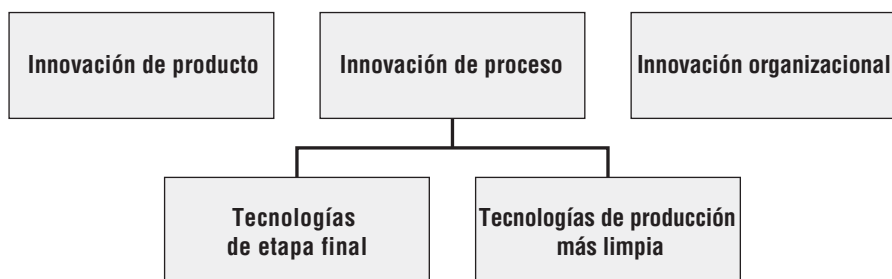
Muchos de los estudios de caso llevados a cabo para este informe se han enfocado en el daño ambiental causado por los contaminantes o las emisiones. Esto no niega el hecho de que los impuestos sobre el daño ambiental causado por el uso o la explotación de un recurso (por ejemplo, la extracción del agua, la silvicultura, la extracción mineral) también podría ser efectivo para la mitigación del daño e impulsar la innovación que permita lograr la mayor eficiencia de recursos y el desarrollo de las alternativas potenciales. La experiencia de Israel respecto al precio del agua ofrece un ejemplo interesante (véase el Recuadro 4.3). Aunque algunos de estos asuntos podrían complicarse debido a la interacción potencial de los derechos o los impuestos en las superganancias (en el caso de las rentas específicas), los impuestos sobre las externalidades deberían desempeñar un papel similar al de los impuestos sobre las emisiones.

3.4. Los impuestos relacionados con el medio ambiente y los diferentes tipos de innovación

Es enorme el reto que se presenta para la innovación relacionada con el medio ambiente. Alcanzar algunos de los objetivos a los que se ha comprometido la comunidad global requiere cambios fundamentales en la naturaleza de la oferta y la demanda. Estos cambios no se presentarán de inmediato, pero la presencia de un impuesto ambiental bien diseñado puede comenzar a modificar la trayectoria económica actual hacia una más sensible e innovadora en la forma de abordar los problemas ambientales. Las resultantes innovaciones dentro del área del medio ambiente serán vastas y se podrán clasificar generalmente en tres tipos, con base en la forma en que impactan al innovador/adoptante: la innovación de productos, la innovación de procesos y la innovación organizacional.

- La innovación de productos es la creación de productos finales nuevos o la mejora de los existentes que, en relación con el medio ambiente, constituyen beneficios ambientales. Los desodorantes de aerosol libres de CFC o los dispositivos de ahorro de agua para el hogar son ejemplos clásicos de este tipo de innovación.
- Las innovaciones de procesos son innovaciones en los medios de producción que brindan beneficios ambientales al reducir los contaminantes mientras se continúa la producción de los mismos productos finales. Mejorar la eficiencia de combustible de una planta de generación eléctrica es un ejemplo típico de la innovación de procesos.
- Las innovaciones organizacionales son innovaciones que tienen un efecto apreciable en la reducción de la contaminación, pero no son en sí una tecnología (como el descubrimiento de los nuevos medios de estructuración de empresas o el análisis del rendimiento ambiental). Esto se ejemplifica con la implementación de los sistemas de contabilidad ambiental, o la reorganización de las empresas/industrias en respuesta a la política ambiental.

En relación con la innovación de procesos, se pueden observar dos sub-categorías: tecnologías de etapa final y tecnologías de producción más limpia, según se detalla en la Gráfica 3.5. Ambas categorías de innovación resultan en la reducción de las emisiones, pero abordan el problema desde ángulos diferentes. El tipo de instrumento político ambiental implementado tiene una influencia sobre el tipo de innovación de proceso que ocurre.

Gráfica 3.5 Tipos de innovación relacionados con el medio ambiente

Fuente: Frondel et al. (2007).

- Las tecnologías de producción más limpia buscan reducir la cantidad de contaminantes que se producen y se emiten. Al cambiar el modo en que se manufacturan los productos, el objetivo es reducir la generación de contaminantes desde la fuente. Esto se obtiene desde un cambio en las fuentes de los insumos hasta la modificación del mecanismo de producción integrado. Por ejemplo, si las plantas eléctricas cambian de carbón a gas natural se puede reducir la generación de emisiones directamente, al calibrar los motores de vehículos de tal modo que sean más eficientes a través del uso de sistemas de diagnóstico a bordo se puede reducir la generación de emisiones al conducir, y al eliminar el cloro de la industria de pasta y papel se puede mejorar la calidad del agua.
- Las tecnologías de etapa final buscan reducir la cantidad de contaminación que se emite, y no necesariamente la cantidad creada. No se altera el proceso de producción de modo tal que se reduzcan los contaminantes en primera instancia, sino que se busca abordar el problema de los contaminantes una vez que se hayan generado. Por ejemplo, se utilizan los depuradores para captar y enviar emisiones menos nocivas al aire, típicamente en el caso de las estaciones de generación eléctrica. Se continúa la producción de NO_x y SO_x en la generación eléctrica, pero un proceso posterior al hecho busca reducir las emisiones reales. Además, la captura y el secuestro de carbono buscan capturar las emisiones de CO_2 y almacenarlas bajo tierra para prevenir su emisión a la atmósfera, pero no tiene ningún efecto sobre la creación del dióxido de carbono.
- Las tecnologías de producción más limpia se consideran generalmente más eficientes, ya que cubren actividades que pueden reducir el uso de insumos y hacer más eficiente el proceso de producción además de cumplir con los objetivos ambientales, mientras que las tecnologías de etapa final generalmente se dirigen solo a los objetivos ambientales. No es posible que se alcancen todos los objetivos ambientales a través de los cambios en los procesos de producción. Las compañías de generación eléctrica probablemente sólo puedan innovar sus procesos de producción hasta cierto punto para reducir las emisiones de mercurio, SO_x , y otros químicos, sin cambiar fundamentalmente su proceso de producción. Como tal, las tecnologías de etapa final continuarán desempeñando un papel en la mezcla global de temas involucrados al abordar los retos ambientales.

Existen ejemplos de todas estas formas de innovación en los estudios de caso que se identifican en este informe. En el estudio de caso sobre las emisiones de COV, los productores de pintura desarrollaron pinturas nuevas bajas en COV para el mercado, en respuesta al impuesto sobre las emisiones, en reacción al impacto financiero del impuesto en sus productos, además de cambiar las demandas del mercado para productos que sean más ecológicos y menos dañinos a la salud humana. Por otro lado, por la naturaleza del impuesto y

los agentes sujetos a él, se puede limitar el potencial para la innovación de productos. En el caso del cargo al NO_x en Suecia, la naturaleza de las empresas sujetas al impuesto (especialmente las compañías dedicadas a la generación eléctrica que participaron en el programa de reciclaje de impuestos) limitó las posibilidades efectivas de innovación de productos, por ejemplo: i) se presentó un producto final homogéneo; y ii) la carga del impuesto no se transmitió a los consumidores sino que se recompensa a través del mecanismo de reembolso.

Además, la innovación organizacional es un componente importante de las acciones que pueden disminuir los costos globales de reducción de las medidas políticas, y normalmente complementan a las innovaciones de procesos. En el estudio de caso sobre el impuesto sobre los COV en Suiza, según se describe en el Recuadro 3.8, la industria de producción de pintura estableció un sistema que permite a los consumidores reciclar sus pinturas, proporcionando una vía de captar para las emisiones de COV potenciales. En el estudio de caso de entrevistas a las empresas del Reino Unido con respuestas de I+D para una amplia gama de factores, como se detalla en el Recuadro 4.6, se encontró que el uso interno de los objetivos en las empresas, tanto para la cantidad de energía como para las emisiones de gases de efecto invernadero, tuvieron un impacto positivo en las actividades de I+D relacionadas con el cambio climático para las innovaciones de procesos,³ lo que sugiere que el modo en que se organizan las empresas y operan de manera positiva puede influenciar sus prioridades de investigación.⁴ Aunque se podría suponer que los costos adicionales debidos a los impuestos ambientales podrían inducir a las empresas a establecer metas para reducir dichos gastos, para establecer un vínculo directo entre los impuestos relacionados con el medio ambiente y el establecimiento de dichas metas requiere una exploración adicional en este contexto, y está fuera del alcance del presente informe.

Finalmente, el tipo de innovaciones de proceso se puede influenciar por el papel que desempeña el impuesto relacionado con el medio ambiente en comparación con otros instrumentos. Con base en el estudio de la OCDE de 2003, Johnstone et al. (2008) se analizaron las empresas de siete países principales de la OCDE. Existe evidencia significativa de que los instrumentos de política ambiental más flexibles logran la reducción a través de procesos de producción más limpios en comparación con la reducción de etapa final, ya que dichos instrumentos brindan oportunidades a las empresas para explotar las economías de alcance en las actividades de producción y reducción. La reducción de etapa final se enfocaría solamente en las actividades de reducción, y se relaciona más con el uso de enfoques prescriptivos a la política ambiental [Frondel et al. (2007) también utilizan el mismo conjunto de datos y encuentran resultados similares].

A partir de los estudios de caso, se puede observar que la gran mayoría de las innovaciones identificadas se pueden clasificar como innovaciones de procesos. La introducción del cobro sobre las emisiones de NO_x en Suecia, detallada en el Recuadro 3.2, generó innovaciones de procesos significativas, especialmente en relación con procesos de producción más limpios. Las empresas sujetas al impuesto aprendieron a optimizar sus operaciones, y principalmente cambiaron de combustible o instalaron tecnologías de combustión mejoradas. A pesar de que se utilizó un instrumento político flexible, muchas empresas también adoptaron tecnologías de etapa final para reducir sus emisiones.

El estudio sobre los COV en Suiza sugiere que las empresas crearon y adoptaron innovaciones de producción más limpia y de procesos de etapa final. Las empresas de las tres industrias que se estudiaron tomaron medidas para reducir el uso de COV en sus operaciones, a través de la experimentación con limpiadores libres de COV, impresoras nuevas, etc. Más aun, las empresas también tomaron medidas para captar y reciclar los COV o utilizarlos en combinación con otros procesos, como la co-generación.

Recuadro 3.8. Estudio de caso: impuesto suizo sobre los COV

A partir del año 2000, el gobierno federal de Suiza instituyó un impuesto sobre los compuestos orgánicos volátiles (COV) de CHF 2 por kilogramo, aumentando a CHF 3 por kilo en 2003. Los COV son solventes que se utilizan en las industrias que requieren sustancias de rápida evaporación, como la industria de producción de pintura y de cortado de metal. Además de los efectos en la salud de los humanos, los COV contribuyen a la formación de ozono troposférico ("contaminación de verano"). No existe ninguna definición aceptada de lo que constituyen los COV, pero las sustancias generalmente incluyen: benceno, estireno, cloruro de metileno, percloroetileno y tetracloroetano. La intención es gravar impuestos sobre los COV dentro de Suiza para reducir dichos efectos; como tal, las exportaciones de COV o las exportaciones de bienes que contienen COV están exentas de dicho impuesto.

Con el programa fiscal, las emisiones de COV han disminuido de manera significativa. En el periodo 1998-2001, las emisiones sobre los productos gravados disminuyeron 12%, en el periodo 2001-2004, cuando se implementó completamente el impuesto, las emisiones se disminuyeron un 25% adicional. Esta reducción de 33% es significativa, pero las reducciones de COV a partir de fuentes no gravadas fueron de 28% durante el mismo periodo, en gran parte debido a las reducciones en el uso de automóviles.

Este estudio profundo, enfocado en las tres industrias (impresión, producción de pintura y limpieza/desengrasado de metal) en las que se utilizan cantidades importantes de COV. A través de las entrevistas, se descubrió que muchas empresas fueron altamente innovadoras, aunque sólo un número limitado de empresas había formalizado sus programas de I+D. En el sector de producción de pinturas, la innovación de producto se llevó a cabo a través de la introducción de pinturas de bajo contenido de COV (alto contenido de sólidos) en el mercado. En su mayoría, las innovaciones identificadas se presentaron a través del proceso de ensayo y error, tal como la opción de utilizar menos COV y al mismo tiempo mantener la calidad de los trabajos de impresión. El impuesto también impulsó la creación de una iniciativa en toda la industria por parte de los productores de pinturas para ofrecer opciones de reciclaje a los clientes, una indicación de la innovación organizacional.

Se presentaron variaciones considerables en las interacciones de las empresas con el nuevo cargo. Las empresas más grandes generalmente innovaron y adoptaron tecnologías nuevas rápidamente, mientras que las empresas más pequeñas, fueron menos propensas a actuar, debido a las limitaciones financieras o de información. El papel de los funcionarios cantonales también fue variado; algunos entendieron su papel como facilitador y administrativo (y apoyaron con la difusión de información y tecnología), mientras que otros entendieron su papel como meros administradores fiscales.

Fuente: OCDE (2009c) y Banette (2009).

3.5. Grado de innovación: tecnologías incrementales versus tecnologías radicales

Además de los efectos de los instrumentos de política ambiental sobre los distintos tipos de innovación, los instrumentos de política ambiental también pueden tener efectos diferenciales sobre el grado de innovación. Las empresas se enfocan generalmente en aquellas tecnologías y soluciones más cercanas a estar aptas para el mercado, ya que estas tecnologías tienen una mayor probabilidad de éxito en comparación con las ideas que siguen en la etapa de desarrollo. Esta es la innovación incremental, que aporta mejores productos

y medios de producción más eficientes a través de avances tecnológicos relativamente pequeños. Este tipo de innovación puede desempeñar un papel importante en la facilitación de opciones de bajo costo para responder a los problemas ambientales. Debido a que únicamente transforma las tecnologías existentes, normalmente no puede producir un cambio transformador. Los impuestos relacionados con el medio ambiente y otros instrumentos con base en el mercado aportan incentivos para acelerar la innovación lista para el mercado y desarrollar innovaciones que se puedan presentar rápidamente.

Para algunos retos ambientales, sin embargo, la innovación incremental proporciona sólo una parte de la solución. En relación con el problema del cambio climático, se considera que sería necesario un recorte de 80% de las emisiones de CO₂ para el año 2050 para estabilizar los niveles de GHG en la atmósfera. Debido a que existirán los que se aprovechen y no lleven a cabo las actividades necesarias para la reducción significativa, esto sugiere efectivamente que se lleve a cabo la descarbonización de los países industriales. Es posible que la innovación incremental no sea suficiente.

Algunas tecnologías ofrecen un gran avance en la reducción de la contaminación y pueden ser críticas para alcanzar las metas ambientales a costos más razonables en relación con el PIB a largo plazo. Estas tecnologías rompen efectivamente con las tecnologías del pasado y ofrecen un enfoque casi completamente diferente. Los ejemplos de esto serían la captura de carbono a gran escala o las fuentes de energía libres de carbono. Tal vez no sean tan numerosas como las innovaciones incrementales, pero algunas tecnologías de ruptura pueden tener un impacto significativo. La adición de la creación de tecnologías de ruptura como complemento a las innovaciones incrementales, dentro del modelo para el cambio climático, por ejemplo, ha mostrado impactos significativos en los costos estimados del PIB (OECD, 2009a; Bosetti *et al.*, 2009).⁵

A pesar de la mayor demanda del mercado, debida a los impuestos relacionados con el medio ambiente, aún existen muchos de los impedimentos a la innovación, como la incertidumbre, los problemas de financiamiento, la dificultad para la apropiación, y otros. Estos generalmente se ven más pronunciados en las tecnologías a largo plazo (y por lo tanto fundamental y de ruptura, con mayor probabilidad) (OCDE, 2009g). Para estos tipos de innovación, los costos de desarrollo pueden ser más altos, los tiempos se prolongan, presentan mayor incertidumbre, y hay una fuente pequeña de inversionistas. Es poco probable que los impuestos relacionados con el medio ambiente tengan un impacto en estos temas. Un impuesto ambiental óptimo debería enfocarse en las externalidades ambientales (y otras externalidades asociadas, en las que la base fiscal es una representación, tal como las externalidades de los accidentes en el caso de los impuestos sobre el combustible) y no otros fracasos del mercado, como los que se relacionan con la innovación (un impuesto que intenta responder a más que sólo las externalidades ambientales no sería un instrumento óptimo, y la tasa podría ser tan alta que conlleve una oposición significativa y presente el riesgo de no implementarse debido a las limitantes en materia de la economía política). El resultado es que los incentivos que ofrece un impuesto sobre la contaminación podrían resultar insuficientes para promover una cantidad de I+D significativa dirigida a las tecnologías que tal vez no estén listas para el mercado en varias décadas. Por lo tanto, los impuestos relacionados con el medio ambiente puedan tener un impacto mucho mayor en un mercado creciente a través de la innovación a largo plazo y la investigación.

3.6. Limitaciones a la innovación en respuesta a los impuestos relacionados con el medio ambiente

3.6.1. Obstáculos al nivel de las empresas

Los obstáculos al nivel de las empresas pueden prevenir el efecto pleno de los impuestos relacionados con el medio ambiente en cuanto a la promoción de la innovación. Para empezar, es posible que las empresas no estén conscientes de todas las oportunidades a su alcance, tal como sugiere la hipótesis de la innovación inducida. La presencia de los costos de investigación, la información incompleta, inercia organizacional, y demás obstáculos, sugieren que las empresas no están continuamente en busca de oportunidades potenciales de inversión en la innovación, y por lo tanto no se optimizan en cuanto al financiamiento para I+D. Mientras sean aceptables las condiciones financieras, las empresas se vuelven complacientes. Por lo tanto, estos vínculos indirectos entre los precios y la innovación sugieren que los supuestos en relación con la optimización total de la empresa no sean sostenibles en la realidad (Jaffe et al., 2002).

Los presupuestos de las empresas para la innovación también se pueden asignar con base en estrategias menores que las óptimas (como las medidas de regla general sobre el modo que deben tener las producciones, cuando se revisan las prácticas de producción, y la frecuencia de los análisis externos, por ejemplo). Sinclair-Desgagné (1999) sugiere que las empresas introducen estos mecanismos para ayudar a manejar la gran cantidad de información que se presenta, desde el mercado hasta las políticas gubernamentales. Con el paso del tiempo, dejan de responder al ruido cambiante que enfrentan las empresas, y pueden causar la creación de frutos al alcance de todos, donde las empresas pueden llevar a cabo acciones privadas y tienen ganancias positivas privadas y netas públicas. Con grandes choques para la empresa (como la introducción de políticas ambientales nuevas), las empresas reevalúan sus mecanismos y explotan estos frutos y reajustan sus mecanismos para reducir la posibilidad de dichos escenarios en el futuro.

Otros instrumentos ambientales, en combinación con los choques, como los impuestos, pueden ser útiles para ayudar a las empresas a reevaluar sus decisiones en relación con la innovación. Arimura et al. (2007) encontraron que el mismo impuesto ambiental no aporta directamente el aumento de los gastos de I+D de las empresas; los impuestos relacionados con el medio ambiente inducen a las empresas a llevar una contabilidad ambiental, y el conocimiento de las oportunidades que resulta de la contabilidad ambiental induce gastos en I+D. Este efecto de dos etapas se debe probablemente a los mecanismos de recolección de información de las empresas o la estructura organizacional interna. Relajar las suposiciones de la optimización perfecta de la empresa explica probablemente la visión más realista del modo en que las empresas abordan el asunto de la innovación, especialmente las pequeñas y medianas empresas.

3.6.2. Los impuestos relacionados con el medio ambiente y la barrera de recursos

La innovación generalmente implica costos. La innovación institucionalizada (investigadores, laboratorios, ensayos de comercialización) necesita que las empresas le dediquen un presupuesto a las ideas específicas. La innovación aun menos formal, como permitir a los empleados la experimentación con los procesos existentes, implica un costo de oportunidad solventado por la empresa.

Por lo tanto, no es sorprendente el hecho de que las empresas con menores barreras financieras (como el flujo de efectivo, o la capacidad para obtener financiamiento) dediquen más recursos a las actividades de innovación (Savingsnac, 2008). La fuente del financia-

miento también es un factor importante, y el financiamiento interno es el más importante en cuanto a los gastos de I+D, especialmente en comparación con los gastos de capital que utilizan el financiamiento más externo (Czarnitzki y Hottenrott, 2009). Esto puede presentar una desventaja para las empresas pequeñas, que se ven más afectadas por las barreras externas en los gastos de I+D que las empresas más grandes. Finalmente, las barreras del mercado de crédito afectan la innovación de vanguardia más fácilmente que la innovación rutinaria, y la primera es la fuerza motriz del progreso tecnológico (Binz y Czarnitzki, 2008).

Para las empresas sin capacidad financiera para subsidiar las actividades de I+D internamente, es de importancia crítica el acceso al crédito. Muchas empresas luchan por obtener el capital suficiente, debido a las asimetrías en la información y la incertidumbre en cuanto a los resultados. Sin embargo, el acceso al crédito es un problema a lo largo de la economía que va más allá de las actividades de I+D o los proyectos relacionados con el medio ambiente. Es por esto que los gobiernos normalmente intentan ayudar a las empresas a superar algunos de los obstáculos a través de los programas de préstamos preferenciales o apoyo financiero de actividades específicas, tal como los subsidios para I+D.

Debido a estos hallazgos, una pregunta importante es sobre el grado en el que la imposición del impuesto ambiental afecta la flexibilidad financiera de las empresas y por lo tanto sus decisiones sobre el gasto para la innovación. Un impuesto ambiental de reciente introducción requiere que las empresas dediquen una mayor parte de sus ingresos para cumplir con las cargas fiscales. En el caso de que las empresas no puedan pasar los costos completamente a los consumidores, las empresas podrían tener una menor flexibilidad financiera para desarrollar otras actividades, como la investigación y el desarrollo, especialmente si la innovación depende más de las fuentes de financiamiento internas (Määtä, 2006).

En el estudio de caso de la Exacción sobre el Cambio Climático (CCL) en el Reino Unido (que se detalla en el Recuadro 4.1), todas las empresas están sujetas al impuesto sobre la energía; sin embargo, las grandes empresas de consumo energético intensivo pueden negociar acuerdos con el gobierno para el alcance de objetivos ambientales a cambio de estar sujetos a sólo 20% de la tarifa completa del CCL.⁶ El análisis indica que a pesar de enfrentar una carga tributaria mayor, las empresas sujetas a la tarifa total de CCL fueron en realidad más propensas a las patentes que las empresas con tarifas reducidas (esto presupone el hecho de que la innovación exitosa, como las patentes, se correlaciona con el gasto en I+D). Esto sugiere que los costos adicionales asociados con el cumplimiento de la carga fiscal no hayan impactado las fuentes de la empresa dedicadas a los esfuerzos de innovación y que el efecto de inducción sea generalmente más importante que cualquier obstáculo de recursos de la empresa.

3.6.3. El efecto de expulsión, el efecto de atracción y las asignaciones óptimas de I+D

Además del nivel de I+D y otras actividades de innovación desarrolladas por las empresas, el impuesto relacionado con el medio ambiente (o cualquier otro estímulo importante, para el caso) debería inducir a las empresas a evaluar la asignación de sus gastos de I+D. Estos impactos funcionan a lo largo de la economía, tanto para empresas directas como indirectas, y pueden tener impactos significativos sobre los niveles generales y las asignaciones de I+D y otras decisiones de inversión.

En relación con las políticas ambientales, las empresas generalmente reaccionan de dos maneras, aunque existe poca literatura en esta área. Las empresas (o la economía en general) pueden reasignar su presupuesto fijo de I+D para canalizar más recursos hacia las innovaciones relacionadas con las políticas ambientales nuevas. Conocido como el efecto de expulsión, la reasignación pone más recursos a la disposición de las preocupaciones

actuales de mayor presión dentro de las políticas ambientales, a expensas de otras áreas de actividad de investigación y desarrollo, debida a la barrera limitante alrededor de la disponibilidad de las actividades de I+D. Por otro lado, las empresas pueden mantener el nivel de recursos en las prioridades existentes y proporcionar nuevos recursos adicionales en respuesta de los estímulos para el medio ambiente, conocido como el efecto de atracción.

No siempre resulta clara la conveniencia del efecto de atracción *versus* el efecto de expulsión. Si la innovación generalmente presenta carencias en el mercado, se desea la atracción a largo plazo, ya que el nivel de innovación está por debajo del óptimo para la sociedad, y el efecto de atracción acerca la innovación al óptimo para la sociedad. Por otro lado, si no se presenta una escasez general de la innovación, el efecto de atracción puede resultar en demasiada actividad de innovación para la economía, a costa de otras actividades de producción. Claramente, si el efecto de expulsión reduce las actividades de I+D enfocadas en las actividades dañinas al medio ambiente, esto podría ser óptimo también.

A corto plazo, el efecto de atracción también podría tener un efecto limitado en el nivel actual de innovación, ya que está limitada la capacidad de las actividades de I+D de escalamiento hacia arriba frente a los nuevos incentivos. Los retrasos en la implementación de las actividades de I+D y el número limitado de investigadores puede resultar en un suministro inelástico a corto plazo. Cuando los gobiernos aumentan los gastos de I+D, por ejemplo, aumentando así el precio (el salario aumentado de los investigadores debido a la naturaleza laboral intensiva de I+D), el nivel de I+D privado no responde adecuadamente, ya que mucho del financiamiento adicional se dirige a los salarios aumentados en vez del aumento en la cantidad de innovaciones (Goolsbee, 1998). A largo plazo, las presiones para encontrar mayores recursos de I+D puede promover la entrada de nuevos investigadores en el campo, logrando así que los costos laborales regresen a un equilibrio más bajo a largo plazo.

Al verificar si se presenta el efecto de atracción o de expulsión, Goulder y Schnieder (1998) encontraron que el aumento de I+D dirigido hacia el cambio climático implica costos para I+D no relacionado con la energía e I+D relacionado con la energía con base en el carbono, resultando en una disminución global de I+D. Por otro lado, Carraro et al. (2009) sugieren un acercamiento un poco matizado. Estudian específicamente los efectos de un sistema global de comercio de emisiones en las inversiones para I+D en el sector energético y no energético. Encontraron que el precio de los permisos de carbono conlleva un cambio en la asignación relativa de I+D hacia mayores gastos de I+D dirigidos hacia la energía. Sin embargo, debido al tamaño relativamente pequeño del sector de I+D en energía, un aumento grande de I+D en energía no compensaría por completo una gran disminución de I+D en el sector no energético. Aun así, el aumento de I+D en energía no se produce a costa de I+D no energético (esto es, no se produce el efecto de expulsión debido a los recursos limitados dentro de las empresas para las actividades de I+D). Sugieren que la disminución de los resultados de I+D no energético resulta de la contracción de la producción no energética debida al efecto de los precios del carbono. por lo tanto, mientras el I+D no energético disminuye simultáneamente con los incrementos de I+D energéticos, no se presenta ningún efecto de expulsión, ya que las empresas asignan de manera óptima con base en el nuevo panorama económico, a partir de la introducción de las políticas climáticas, no debido a las barreras financieras.

Además, Popp y Newell (2009) estudiaron los efectos de expulsión potenciales utilizando los datos industriales generales, y encontraron que los aumentos de I+D energético no causan un efecto de expulsión de I+D en otros sectores. Al analizar dentro de los sectores y usando los datos industriales detallados sobre I+D y los resultados financieros, encontraron que el efecto de expulsión (medido de acuerdo con la producción

de patentes) no existe para las empresas con cierto interés en la energía alternativa (pero no para el sector vehicular). Cuando se analiza una industria específica (las compañías de refinería) el I+D de energía ecológica creó un efecto de expulsión de las innovaciones en los pozos y refinerías. Estos resultados son congruentes con Gerlagh (2008), quien encontró el I+D en el ahorro de energía basada en el carbono causa un efecto de expulsión en la producción energética con base en el carbono, pero no tiene ningún impacto en la energía neutral en carbono.

3.6.4. Tamaño de la empresa y tamaño del mercado

La escala del mercado sujeto al impuesto relacionado con el medio ambiente probablemente tenga un impacto en el nivel de la innovación. Pueden ser significativos los costos de los esfuerzos de innovación (algunos de los cuales probablemente sean fijos). Las empresas deben evaluar si los beneficios esperados superan los costos del proyecto de investigación para encontrar una solución innovadora. Para una empresa impactada, estos beneficios son los ahorros de los costos que se atribuyen a la implementación de la innovación dentro de su propia operación, además de cualquier ingreso esperado a partir de las licencias de la innovación para otros usuarios. Las empresas que no están sujetas a los instrumentos podrían buscar innovaciones con el único propósito de asegurar los ingresos por regalías o el lanzamiento de un producto nuevo al mercado. Estos ingresos esperados dependen altamente del tamaño potencial del mercado.

En los casos en los que los retos son globales, como en el caso del cambio climático o del agotamiento de la capa de ozono, serán probablemente más altos los impactos a la innovación, debido al tamaño considerable del mercado. Por lo tanto, la acción global para responder a estos asuntos crea un mercado grande para las innovaciones, y debería aportar costos de reducción más bajos que las jurisdicciones separadas que intentan responder a estos problemas individualmente. Esto se atenúa por el hecho de que las innovaciones iniciadas tal vez no se puedan aplicar fácilmente entre los distintos países y podrían requerir la adaptación a las circunstancias locales.

Al mismo tiempo, las empresas individuales enfrentan decisiones sobre la eficacia en cuanto a los costos de los recursos dedicados a las opciones potenciales de investigación. En las empresas más pequeñas, puede hacer falta el conocimiento especializado sobre una parte del negocio, en comparación con las empresas que pueden tener personal dedicado a distintas áreas específicas. Más aun, las innovaciones más allá de una calibración más adecuada de la maquinaria o los nuevos “trucos del mercado” pueden implicar mayores obstáculos en los costos para las empresas más pequeñas, debido a factores como la indivisibilidad del capital. Aunque algunas empresas más pequeñas no buscarán las soluciones de innovación activamente debido a algunos de estos factores, la adopción de las innovaciones sucederá de manera natural ya que el equipo existente se torna obsoleto y la compra del equipo nuevo incluye dichas innovaciones como características estándar.

Como se puede ver en el Recuadro 3.8, Suiza instauró un impuesto sobre los compuestos orgánicos volátiles (COV) en el año 2000. El mercado suizo es relativamente pequeño, especialmente dado el tamaño global del mercado europeo en el que opera de manera bien integrada. De cierto modo, el tamaño del mercado representa barreras para la innovación. En el sector de la imprenta, las necesidades de las empresas suizas no fueron lo suficientemente grandes para afectar el diseño de las máquinas de imprenta, que se lleva a cabo típicamente fuera del país. Pese al mercado pequeño, se observó una cantidad considerable de innovaciones a partir de la implementación de los impuestos, principalmente de innovaciones de proceso. Las empresas del sector de imprenta experimentaron con tintas bajas

en COV o libres de COV, y redujeron el uso de COV en el proceso de limpieza. En el negocio de producción de pinturas, las empresas desarrollaron una mezcla de innovaciones. Se presentaron innovaciones de producto (nuevas pinturas bajas en COV), además de las medidas de reciclaje de COV y los métodos de limpieza nuevos.

En el caso de las empresas más pequeñas, los incentivos para la reducción fueron menores. Las entrevistas a nivel de las empresas sugieren que la adopción de innovaciones fue menor en el caso de las empresas, debido a los obstáculos financieros o la falta de conocimientos. Las entrevistas a nivel cantonal sugieren que muchas empresas pequeñas no habían innovado porque el nivel del impuesto es un componente absoluto y relativo de sus operaciones globales. Hacían falta el conocimiento y el tiempo que se requieren para experimentar con los productos nuevos, en relación con las empresas más pequeñas. Las PyME también fueron más propensas a mantener sus medios de producción tradicionales y fueron menos propensas al cambio. El resultado fue que las empresas más grandes fueron innovadoras relativas, mientras que las empresas más pequeñas se pueden considerar como adoptantes o adaptadoras de las innovaciones.

Los cantones también desempeñaron un papel significativo en la difusión de la información y la tecnología (Banette, 2009). Todos los cantones revisaron de manera diferente los papeles que desempeñan con respecto a la implementación y la administración del impuesto a los COV, en un intervalo desde los recolectores de los impuestos y la aplicación de la ley, hasta ser expertos técnicos y presentar la promoción activa de opciones adicionales para la reducción. El efecto fue que los oficiales cantonales desempeñaron un papel significativo en el apoyo a las empresas sujetas al impuesto, especialmente las PyME, para superar algunas de las barreras a la adopción de los procesos innovadores de reducción de COV. El impuesto por sí mismo probablemente no habría logrado el mismo nivel de resultados.

3.7. La adopción y transferencia de la innovación relacionada con el medio ambiente

Además de la creación de la innovación, son importantes la adopción y transferencia de la innovación para lograr la reducción a bajos costos. La difusión genera costos de reducción menores en general, ya que se aumenta el rango de opciones potenciales de adoptantes de la innovación para la reducción de la contaminación. La extensión de la difusión potencial también aumenta los incentivos para que los innovadores desarrollen innovaciones, induciendo así niveles más altos de innovación.

3.7.1. El proceso de adopción

Los impuestos relacionados con el medio ambiente desempeñan un papel claro en la facilitación de la adopción de innovaciones relacionadas con el medio ambiente entre los usuarios potenciales. Al gravar impuestos entre todas las fuentes, todos los emisores ahora tienen incentivos aumentados para adoptar las tecnologías existentes para reducir los pagos de los impuestos. Sin embargo, debido a que en la práctica los impuestos ambientales se instituyen en un nivel relativamente bajo, podría proporcionar algunos incentivos adicionales, pero tal vez no sea suficiente para superar algunas de las barreras generales para la adopción de la tecnología, especialmente al nivel de la vivienda.

Las barreras que afectan la adopción de innovaciones en general tienen efectos pronunciados en las innovaciones relacionadas con el medio ambiente. En algunos casos, debe existir una red de otros usuarios de la misma innovación para que alcance su pleno potencial de utilidad. Esta barrera inicial puede contribuir al problema de los

bloqueos tecnológicos, en el cual las tecnologías a veces inferiores se convierten en la opción predominante por el simple hecho de ser las primeras en consolidarse en el mercado. Esto se podría ilustrar con la necesidad de la existencia de una red de estaciones de abastecimiento de combustible antes de adoptar los vehículos de energía alternativa o con la incapacidad de los sistemas existentes de manejar (y cumplir con la demanda de la carga básica) los generadores de energía a pequeña escala (como los molinos de viento) debido a la naturaleza intermitente de la generación de energía de este tipo.

Segundo, los consumidores pueden tener tasas de descuento muy altas,⁷ prefiriendo a veces comprar bienes a bajo costo (con costos mayores de operación) en vez de bienes con precios altos (y costos de operación en disminución). Jaffe y Stavins (1994) demostraron que el costo inicial del aislamiento de la vivienda era significativamente más importante que los precios de la energía. En los casos en que los costos de operación se basan en los insumos dañinos al medio ambiente, como la electricidad, la compra de bienes a bajos costos que tienen una vida más cara en general, puede tener consecuencias económicas y ambientales significativas. Más aun, utilizando un modelo de inversiones en el aislamiento del hogar con base en los datos existentes, Jaffe y Stavins (1995) modelaron los efectos de un impuesto sobre la energía y un subsidio para la instalación (calibrados para tener el mismo impacto global) en la aceptación esperada de inversiones para el aislamiento de los hogares. Estos datos sugieren que, sobre un periodo de diez años, un impuesto de 10% sobre la energía aumentaría el valor de una vivienda aislada (y por lo tanto incrementaría la difusión) alrededor de 2%-6%, mientras que un subsidio de 10% de la instalación incrementaría la difusión alrededor de 4%-15%.

También existen problemas que resultan de las asimetrías de información entre dos agentes. El ejemplo común es la relación entre un constructor y un comprador de viviendas. Un constructor de casas, con el conocimiento de que el uso de técnicas de construcción de consumo energético eficiente en relación con el aislamiento, los sellos y las ventanas, por ejemplo, puede reducir los costos energéticos drásticamente a lo largo de la vida útil de un hogar, y más que compensan la inversión inicial de dichas actualizaciones. Sin embargo es poco probable que se recuperen estos costos del comprador, ya que el comprador no tiene el mismo conocimiento de lo que se llevó a cabo y no lo puede verificar de manera independiente, afectando la tasa de difusión tecnológica. En el mismo tono, el problema de los incentivos divididos (que el agente que cubre los costos de la adopción de la tecnología no es el que explota los beneficios) también limita la difusión de la tecnología. Es poco probable que un propietario invierta en las actualizaciones de ahorro de energía de la propiedad si el inquilino es el que paga las cuentas de la energía; es poco probable que el inquilino invierta en dichas mejoras a menos que las inversiones sean transferibles una vez que termine el periodo del inquilino o si éste es de suficiente duración (y se conoce de antemano).

Visto ampliamente, existen ejemplos claros del efecto de la difusión de la innovación, incluyendo la industria de alimentos y bebidas de los Países Bajos, que está sujeta a cargos a las aguas residuales. Al observar la difusión de la tecnología del tratamiento biológico del agua, Kemp (1998) encontró que los cargos a las aguas residuales fueron un factor positivo significativo en la difusión de las tecnologías de tratamiento. De hecho, se estima que sólo alrededor de 4% de las plantas habrían instalado equipo de tratamiento de aguas residuales al final del periodo si el cargo se hubiera mantenido en su nivel (bajo) de 1974, en comparación con la cifra actual de más de 40%. Además, el programa de subsidio fiscal para las emisiones de NO_x y SO₂ en Francia ofrece una plataforma para la evaluación de la decisión de una planta de instalar equipo de reducción de etapa final. A partir de los datos de panel de 226 plantas en tres industrias (siderúrgica, coque y químicos) para el

periodo 1990-98, Millock y Nauges (2006) encontraron que el valor total de los impuestos a las emisiones pagados por la planta (para ambos contaminantes) tiene un impacto positivo en su decisión de invertir en el equipo de reducción, aun con tarifas fiscales muy bajas. Sin embargo, la magnitud del efecto varía considerablemente entre los distintos sectores y sólo es significativa en el sector siderúrgico.

Los estudios de caso también resaltan el papel de los impuestos relacionados con el medio ambiente y la difusión de la innovación. Como se observó en el estudio de caso de Suecia, la imposición del impuesto en 1992 tuvo impactos inmediatos sobre la aceptación del equipo de reducción de la contaminación de las empresas afectadas. En 1992, sólo 7% de las empresas reglamentadas tenían tecnologías de mitigación de NO_x; un año más tarde, 62% de las empresas habían instalado alguna forma de tecnología de mitigación, principalmente en los cambios a sus métodos de combustión. Ésta es la difusión rápida de la tecnología en respuesta al nivel relativamente alto del impuesto sobre las emisiones.

Para superar algunos de los efectos específicos mencionados en la sección antecedente, los gobiernos a veces han adoptado subsidios para promover la difusión de una tecnología específica. Al reducir el costo de la adopción, el objetivo es acelerar la adopción en etapas tempranas y permitir que el mercado impulse la demanda de ahí en adelante. Los subsidios sobre el precio inicial pueden ayudar a los consumidores con el efecto sorpresa en el costo de la adquisición de artículos más eficientes en el consumo de energía, y posiblemente indiquen información adicional para el comprador (Aalbers et al., 2009). En el campo de la política de energía verde o ecológica, los gobiernos también utilizan tarifas de alimentación garantizada, que ofrecen un subsidio por-kWh para los combustibles incluidos. Este instrumento está diseñado para promover la adopción y superar las barreras de “aprender haciendo” que enfrentan las tecnologías nuevas al promover los efectos de escala. Sin embargo, tales políticas pueden tener consecuencias no deseadas para la innovación. En el contexto del cambio climático, los subsidios para la adopción de las tecnologías alternativas existentes pueden generar efectos de bloqueo, reduciendo el incentivo para los esfuerzos en I+D para las nuevas tecnologías no subsidiadas, resultando en la pérdida de bienestar social (Kverndokk et al., 2004). El sistema tributario también se puede utilizar de otras maneras para promover las difusiones tecnológicas, como se discutirá en el Capítulo 4.

3.7.2. El proceso de transferencia de la tecnología

Aunque es importante la difusión de la tecnología dentro de los países, la retención de los productos innovadores en un solo país no servirá a la comunidad global, donde los problemas ambientales cruzan las fronteras. La transferencia de tecnologías y patentes puede disminuir los costos globales de reducción. También pueden impulsar a los países a comprometerse a la protección ambiental reforzada, al reducir el costo inicial de la acción política. Lovely y Popp (2008), por ejemplo, encontraron que con el paso del tiempo, los países implementan las políticas ambientales a niveles más bajos de ingreso per cápita.

Los problemas ambientales suelen ser únicos, y requieren soluciones y conocimientos especializados; por lo tanto, la transferencia de soluciones técnicas puede resultar difícil. Aun en el caso de jurisdicciones que enfrentan problemas similares, los receptores de la tecnología necesitan tener una base científica para aceptar, comprender y modificar la innovación para que ésta funcione adecuadamente dentro de la nueva jurisdicción (Johnson y Lybecker, 2009). Los que transfieren la tecnología también deben estar cómodos con el envío de la propiedad de información al extranjero, y por lo tanto el sistema de patentes desempeña un papel clave. Las protecciones de propiedad intelectual reforzadas promue-

ven una mayor transferencia de conocimientos, especialmente entre los países desarrollados. Debido a que las innovaciones nuevas también pueden empujar los límites legales existentes, una mayor previsibilidad de los programas de propiedad legal/intelectual para las nuevas innovaciones promovería las transferencias.

Los inventores normalmente responden a los incentivos nacionales para el desarrollo de sus invenciones, pero, cuando un país se encuentra por detrás de otros, suele utilizar innovaciones extranjeras (como las patentes por ejemplo) como la base inicial (Popp, 2006). Aun en los casos en que no está atrasado el país, los otros países pueden ser fuentes importantes de innovación. Por ejemplo, Estado Unidos fue el primer país en introducir los estándares estrictos en materia de las emisiones vehiculares, pero la mayoría de las patentes asociadas provinieron de fuera del país (Lanjouw y Mody, 1996). Sin embargo, muchas veces existen algunas diferencias entre los países, y por lo tanto existe la necesidad de I+D adaptativo. Dicho I+D adaptativo reconoce que las innovaciones extranjeras no serán perfectamente adaptables debido a las condiciones domésticas, lo que sugiere que la difusión entre los distintos países será más lenta que la que se lleva a cabo dentro de un mismo país (Pizer y Popp, 2008).

Además, la capacidad técnica de quienes envían la transferencia tecnológica y la capacidad de absorción de los receptores de dicha tecnología, son elementos críticos para determinar los flujos de tecnología. Estas características sugieren la capacidad y la disposición de los países para llevar a cabo la transferencia. Al analizar la transferencia de las tecnologías de energía eólica y el papel del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto (CDM) y otros factores, Haščić y Johnstone (2009) encontraron que la capacidad tecnológica de los países receptores es de dos a tres veces más importante que el CDM. Más aun, el papel de la oferta del país de procedencia se considera de tres a ocho veces más importante que el CDM, lo que indica que se deben considerar estos factores al analizar la eficacia global de los instrumentos políticos.

La elección del instrumento ambiental adoptado por los países, ya sea a través de los impuestos o algún otro mecanismo, puede impactar la transferencia de tecnología entre las distintas jurisdicciones. Johnstone y Haščić (2010) demostraron que la flexibilidad de la política ambiental aumenta el rango de innovaciones producidas nacionalmente y transferidas junto con la extensión de las innovaciones que se importan. Con arreglos políticos menos flexibles, los países limitan el rango de innovaciones que se puedan usar de manera rentable en sus industrias. Dos países con enfoques de reglamentación prescriptiva diferentes tienen poco interés en compartir la innovación, ya que sus industrias se enfocan en cumplir con los resultados normativos que podrían estar superpuestos. Debido a que existe un significativo potencial de desajuste, no se lleva a cabo la transferencia de tecnología.

Por otro lado, para dos países con enfoques flexibles, sus industrias están en busca del mismo resultado: la reducción de las emisiones. Como es amplio el rango de posibilidades para lograr esto, las innovaciones podrían ser útiles potencialmente para las empresas de cualquiera de los dos países, y por lo tanto existe un gran alcance para su difusión. Aun si un país tiene un enfoque flexible y otros no, el país con el enfoque flexible puede potenciar el beneficio de todas las innovaciones que se desarrollen en los otros países. Lo mismo no sucede a la inversa. Por estas razones, la dirección y el nivel de la difusión de la innovación reciben el impacto de la selección del instrumento por parte de los gobiernos.

A pesar de estas preocupaciones sobre I+D adaptativo, las soluciones a los retos ambientales globales se enfocan cada vez más en el papel de las economías emergentes, debido al crecimiento rápido de sus poblaciones y de su riqueza per capita, donde la capacidad para la innovación puede ser considerablemente más baja que la de los países desarrolla-

dos. Muchos de estos países serán adoptantes, siguiendo el trabajo hecho anteriormente por los países desarrollados. En estos casos, tales adoptantes tardíos se pueden mover rápidamente, al construir sobre el trabajo de base llevado a cabo por los adoptantes iniciales, y con la ejemplificación de Hilton (2001) de esto en el análisis sobre los adoptantes iniciales y tardíos en la eliminación gradual de gasolina con plomo. Esto sugiere que la capacidad de facilitar tanto el desarrollo como la difusión de la innovación es un punto crítico para obtener las ganancias ambientales, no sólo en las economías tecnológicamente avanzadas, sino en las economías emergentes también.

3.8. Conclusiones

Es firme la base teórica que establece que los impuestos relacionados con el medio ambiente inducen la innovación. Los impuestos, en especial aquellos que se gravan directamente sobre los contaminantes, ofrecen estímulos para la generación de la innovación, ya que existen incentivos para su adopción y para minimizar los pagos del impuesto. Además, estas innovaciones cubren una gama de innovaciones potenciales: la innovación de productos, la innovación de procesos (tanto de etapa final como de producción más limpia) y la innovación organizacional. Los instrumentos que no se basan en los impuestos normalmente no son tan potentes. Los impuestos, además de crear la innovación, también son importantes para la facilitación de la transferencia de innovaciones entre los distintos países.

En la práctica, la evaluación de la eficacia de los impuestos relacionados con el medio ambiente para inducir la innovación comienza con la medición. Esto es particularmente importante en el caso de los impuestos: en comparación con el alcance más limitado del cumplimiento de un reglamento dado, el amplio rango de las innovaciones que se puede estimular con un impuesto dificulta la búsqueda y evaluación de los resultados. En el caso de la información de las patentes, puede ser un trabajo extenso establecer los criterios para la búsqueda de las innovaciones potenciales. Por lo tanto, se necesitan métricas de la innovación más allá de las patentes, como los insumos a la innovación (gastos de I+D) o medidas indirectas de la producción de innovación (por ejemplo, los efectos en las curvas de los costos de reducción marginal).

Al considerar los problemas de medición, la evidencia empírica sobre los impactos de la innovación en los impuestos ambientales es fuerte pero no concluyente. Las anteriores limitaciones en los datos implican un reto, especialmente en el caso del análisis de base amplia con el uso de patentes. El estudio de los impuestos sobre el combustible entre los distintos países y las tasas reducidas del impuesto sobre la energía en el Reino Unido resaltaron algunos de estos problemas. Sin embargo, los estudios de enfoque más estrecho que utilizaron mediciones alternativas de la innovación han brindado algunos resultados concretos. Por ejemplo, los casos de Suecia y Suiza mostraron claramente el impacto de las innovaciones en los impuestos.

Los estudios de caso también resaltaron algunas conclusiones adicionales. El hecho de que los impuestos ambientales impongan un costo para las empresas, el cual puede reducir su rentabilidad, no parece implicar la reducción de la producción de innovaciones. El potencial para la innovación sí parece aumentar con el tamaño del mercado, especialmente en relación con las patentes. Finalmente, al analizar los tipos de innovación inducidos, y no sólo la cantidad, resulta claro que los impuestos inducen un amplio rango de innovaciones, incluyendo productos nuevos y técnicas de producción mejoradas. Sin embargo, es posible que los impuestos relacionados con el medio ambiente (como la mayoría de las políticas ambientales alternativas) tengan una influencia menor en las innovaciones de carácter más fundamental en comparación con las innovaciones aptas para el mercado.

Notas

1. Resulta interesante notar que las patentes en Suecia relacionadas con las emisiones de NO_x están igualmente divididas entre la producción limpia y las innovaciones de etapa final, mientras que las patentes usadas en una amplia gama de países para la reducción del NO_x han favorecido las medidas de etapa final, situación que se puede atribuir a la naturaleza flexible del enfoque de Suecia.
2. Por ejemplo, si los precios agrícolas se mantienen artificialmente altos a través de algún subsidio (no relacionado con el medio ambiente) y/o medidas de protección en las fronteras, invención que lleva a una mayor producción agrícola, en este sentido podría considerarse como generador de externalidades económicas negativas.
3. No se encontró lo mismo en el caso de las innovaciones de producto. Dado que los productos innovadores suelen reducir la emisión de contaminantes por parte del usuario final, y no por la empresa productora, el impacto de los objetivos tendría un efecto más indirecto.
4. Por el contrario, se podría sostener que las empresas que ya han innovado y están en el proceso de implementación de la innovación, se han auto-impuesto la meta de ayudar a guiar el proceso de implementación de dicha innovación.
5. Cabe señalar, sin embargo, que la incorporación de tecnologías de ruptura en modelos de cambio climático se produce normalmente a través del entendimiento de que estas tecnologías (llamadas tecnologías de respaldo) se producirán con base en el clima previsto para la innovación. Este supuesto se utiliza para mostrar el efecto que estas tecnologías *pueden tener*, pero no necesariamente sugiere que sucedan en realidad.
6. De acuerdo con el programa, el descuento del CCA se reducirá al 65% del actual 85% a partir del 1º de abril de 2011.
7. Estas altas tasas de descuento pueden reflejar simplemente el hecho de que los consumidores prefieren el consumo en el periodo presente en comparación con los periodos futuros, no que existan necesariamente los fracasos o distorsiones del mercado.

Referencias

- Aalbers, Rob et al. (2009), "Technology Adoption Subsidies: An Experiment with Managers", *Energy Economics*, No. 31, pp. 431-442.
- Ambec, Stefan and Philippe Barla (2006), "Can Environmental Regulations be Good for Business? An Assessment of the Porter Hypothesis", *Energy Studies Review*, Vol. 14(2).
- Arimura, Toshi H., Akira Hibiki and Nick Johnstone (2007), "An Empirical Study of Environmental R&D: What Encourages Facilities to be Environmentally Innovative?", en Johnstone, Nick (ed.), *Environmental Policy and Corporate Behaviour*, Edward Elgar y OCDE, Cheltenham, UK.
- Banatte, Sam (2009), "Taxe incitative sur les composés organiques volatils (COV): rôle des cantons dans les effets sur l'innovation", Mémoire de master, Université de Neuchâtel and Institut de hautes études en administration publiques, Suiza.
- Binz, Hanna L. and Dirk Czarnitzki (2008), "Financial Constraints: Routine Versus Cutting Edge R&D Investment", *Working Paper*, No. 08-005, Centre for European Economic Research.
- Bosetti, Valentina et al. (2009), "The Role of R&D and Technology Diffusion in Climate Change Mitigation: New Perspectives Using the WITCH Model", *Working Paper*, No. #274, Fondazione Eni Enrico Mattei.
- Brännlund, Runar y Tommy Lundgren (2009), "Environmental Policy without Costs? A Review of the Porter Hypothesis", *International Review of Environmental and Resource Economics*, Vol. 3(2).
- Burtaw, Dallas (2000), "Innovation under the Tradable Sulfur Dioxide Emission Permits Program in the US Electricity Sector", Discussion Paper, No. 00-38, Resources for the Future, Washington DC.

- Carraro, Carlo, Emanuele Massetti y Lea Nicita (2009), "How Does Climate Policy Affect Technical Change? An Analysis of the Direction and Pace of Technical Progress in a Climate-Economy Model", *Nota di Lavoro* 08.2009, Fondazione Eni Enrico Mattei.
- Crabb, Joseph M. y Daniel K.N. Johnson (2010), "Fueling the Innovative Process: Oil Prices and Induced Innovation in Automotive Energy-Efficient Technology", *Energy Journal*, Vol. 31(1), pp. 199-216.
- Czarnitzki, Dirk and Hanna Hottenrott (2009), "R&D Investment and Financing Constraints of Small and Medium-sized Firms", *Small Business Economics*, <http://dx.doi.org/10.1007/s11187-009-9189-3>.
- Fronzel, Manuel, Jens Horbach y Klaus Rennings (2007), "End-of-Pipe or Cleaner Production? An Empirical Comparison of Environmental Innovation Decisions across OECD Countries", *Business Strategy and the Environment*, No. 16, pp. 571-584.
- Gerlagh, Reyer (2008), "A Climate-Change Policy Induced Shift from Innovations in Carbon-Energy Production to Carbon-Energy Savings", *Energy Economics*, No. 30, pp. 425-448.
- Goolsbee, Austan (1998), "Does Government R&D Policy Mainly Benefit Scientists and Engineers?", *American Economic Review*, Vol. 88(2), pp. 298-302.
- Goulder, Lawrence H. and Stephen H. Schneider (1998), "Induced Technological Change and the Attractiveness of CO2 Abatement Policies", *Resource and Energy Economics*, No. 21, pp. 211-253.
- Greaker, M. (2003), "Strategic Environmental Policy: Eco-dumping or a Green Strategy?", *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 45, pp. 692-707.
- Griliches, Zvi (1990), "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey", *Journal of Economic Literature*, Vol. 28(4), pp. 1661-1707.
- Haščić, Ivan y Nick Johnstone (2009), "The Clean Development Mechanism and International Technology Transfer: Empirical Evidence on Wind Power Using Patent Data", presented at the Workshop on "Globalisation and Environment", Kiel Institute for the World Economy, September 2009, available at http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1493241.
- Hilton, F. Hank (2001), "Later Abatement, Faster Abatement: Evidence and Explanations From the Global Phaseout of Leaded Gasoline", *The Journal of Economic Development*, No. 10, pp. 246-265.
- Jaffe, Adam B., Richard G. Newell y Robert N. Stavins (2002), "Environmental Policy and Technological Change", *Environmental and Resource Economics*, Vol. 22, pp. 41-69.
- Jaffe, Adam B. y Karen Palmer (1997), "Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 79(4), pp. 610-619.
- Jaffe, Adam B. y Robert N. Stavins (1994), "The Energy Paradox and the Diffusion of Conservation Technology", *Resource and Energy Economics*, No. 16, pp. 91-122.
- Jaffe, Adam B. y Robert N. Stavins (1995), "Dynamic Incentives of Environmental Regulations: The Effects of Alternate Policy Instruments on Technology Diffusion", *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 29, pp. 43-63.
- Johnson, Daniel K.N. y Kristina M. Lybecker (2009), "Challenges to Technology Transfer: A Literature Review of the Constraints on Environmental Technology Dissemination", *Working Paper*, No. 2009-07, Colorado College.
- Johnstone, Nick and Ivan Haščić (2010), "Environmental Policy Design and the Fragmentation of International Markets for Innovation", in V. Ghosal (ed.), *Reforming Rules and Regulations*, MIT Press.
- Johnstone, Nick, J. Labonne y C. Thevenot (2008), "Environmental Policy and Economies of Scope in Facility-level Environmental Practices", *Environmental Economics and Policy Studies*, Vol. 9(3), pp. 145-166.
- Kemp, Réne (1998), "The Diffusion of Biological Wastewater Treatment Plants in the Dutch Food and Beverage Industry", *Environmental and Resource Economics*, Vol. 12, pp. 113-136.
- Kleinknecht, Alfred, Kees van Montfort and Erik Brouwer (2002), "The Non-Trivial Choice between

- Innovation Indicators”, *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 11(2), pp. 109-121.
- Kumar, Surender and Shunsuke Managi (2009), “Energy Price-Induced and Exogenous Technological Change: Assessing the Economic and Environmental Outcomes”, *Resource and Energy Economics*, No. 31(4), pp. 334-353.
- Kverndokk, Snorre, Knut Einar Rosendahl y Thomas F. Rutherford (2004), “Climate Policies and Induced Technological Change: Which to Choose, the Carrot or the Stick?”, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 27, pp. 21-41.
- Lanjouw, Jean Olson y Ashoka Mody (1996), “Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technology”, *Research Policy*, No. 25, pp. 549-571.
- Lanoie, Paul et al. (2010), “Environmental Policy, Innovation and Performance: New Insights on the Porter Hypothesis”, forthcoming in *Journal of Economic Strategy and Management*.
- Lichtenberg, F.R. (1986), “Energy Price and Induced Innovation”, *Research Policy*, No. 15, pp. 67-75.
- Lichtenberg, F.R. (1987), “Changing Market Opportunities and the Structure of R&D Investment”, *Energy Economics*, No. 9, pp. 154-158.
- Lovely, Mary and David Popp (2008), “Trade, Technology and the Environment: Why do Poorer Countries Regulate Sooner?”, NBER Working Paper, No. #14286, available at www.nber.org/papers/w14286.
- Määttä, Kalle (2006), *Environmental Taxes: An Introductory Analysis*, Edward Elgar: Cheltenham, UK y Northampton, US.
- Marion, Justin y Erich Muehlegger (2008), “Measuring Illegal Activity and the Effects of Regulatory Innovation: Tax Evasion and the Dyeing of Untaxed Diesel”, *Journal of Political Economy*, Vol. 116(4), pp. 633-666.
- Millock, K. and C. Nauges (2006), “Ex post Evaluation of an Earmarked Tax on Air Pollution”, *Land Economics*, Vol. 82(1), pp. 68-84.
- OCDE (2004), “Triadic Patent Families Methodology”, *STI Working Paper*, No. 2004/2, OCDE, París.
- OCDE (2008), *Environmentally Related Taxation and Tradable Permit Systems in Practice*, OCDE, París, disponible en [www.oecd.org/olis/2007doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2007\)31-final](http://www.oecd.org/olis/2007doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2007)31-final).
- OCDE (2009a), *The Economics of Climate Change Mitigation: Policies and Options for Global Action Beyond 2012*, OCDE, París, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264073616-en>.
- OECD (2009b), *Innovation Effects of the Swedish NO_x Charge*, OECD, París, available at [www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2009\)8-final](http://www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2009)8-final).
- OCDE (2009c), *Effects of the VOC Incentive Tax on Innovation in Switzerland: Case Studies in the Printing, Print-making and Metal Cutting Industries*, OECD, París, disponible [www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)35-final](http://www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)35-final).
- OCDE (2009d), *Indicators of Innovation and Transfer in Environmentally Sound Technologies: Methodological Issues*, OCDE, París.
- OCDE (2009e), *A Case Study of the Innovation Impacts of the Korean Emission Trading System for NO_x and SO_x Emissions*, OECD, París.
- OCDE (2009f), *Fuel Taxes, Motor Vehicle Emission Standards and Patents Related to the Fuel Efficiency and Emissions of Motor Vehicles*, OCDE, París, disponible en [www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)32-final](http://www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)32-final).
- OCDE (2009g), “Policies for the Development and Transfer of Eco-Innovation: Lessons from the Literature”, Paper for the OECD Global Forum on Environment on Eco-Innovation, 4-5 de noviembre de 2009, OCDE, París, disponible en www.oecd.org/dataoecd/21/36/43811507.pdf.
- OCDE (2009h), *Innovation in Firms: A Microeconomic Perspective*, OCDE, París, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264056213-en>.

- OCDE (2009i), *OECD Patent Statistics Manual*, OECD, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264056442-en>.
- OCDE (2010a), "Gross domestic expenditure on R-D by sector of performance and source of funds", *OECD Science, Technology and R&D Statistics* (database), <http://dx.doi.org/10.1787/data-00189-en>.
- OCDE (2010b), "Government budget appropriations or outlays for RD", *OECD Science, Technology and R&D Statistics* (database), <http://dx.doi.org/10.1787/data-00194-en>.
- Palmer, K., W.E. Oates y P.R. Portney (1995), "Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost or the No-Cost Paradigm?", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 9(4), pp. 119-132.
- Pizer, William A. y David Popp (2008), "Endogenizing Technological Change: Matching Empirical Evidence to Modeling Needs", *Energy Economics*, No. 30, pp. 2754-2770.
- Popp, David (2001), "The Effect of New Technology on Energy Consumption", *Resource and Energy Economics*, No. 23, pp. 215-239.
- Popp, David (2002), "Induced Innovation and Energy Prices", *American Economic Review*, Vol. 92, pp. 160-180.
- Popp, David (2005), "Uncertain R&D and the Porter Hypothesis", *Contributions to Economic Policy and Analysis*, 4(1), artículo 6.
- Popp, David (2006), "International Innovation and Diffusion of Air Pollution Control Technologies: The Effects of NO_x and SO₂ Regulation in the US, Japan, and Germany", *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 51, pp. 46-71.
- Popp, David y Richard G. Newell (2009), "Where Does Energy R&D Come From? Examining Crowding Out from Environmentally-Friendly R&D", *NBER Working Paper*, No. #15423, octubre de 2009, disponible en www.nber.org/papers/w15423.
- Porter, M.E. (1991), "America's Green Strategy", *Scientific American*, abril, p. 168.
- Porter, M.E. y C. van der Linde (1995), "Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 9(4), pp. 97-118.
- Rassenfosse, Gaeten de y Bruno van Pottelsberghe de la Potterie (2009), "A Policy Insight into the R&D-Patent Relationship", *Research Policy*, No. 38, pp. 779-792.
- Savignac, Frédérique (2008), "Impact of Financial Constraints on Innovation: What can be Learned from a Direct Measure?", *Journal of Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 17(6), pp. 553-569.
- Sinclair-Desgagné, Bernard (1999), "Remarks on Environmental Regulation, Firm Behaviour and Innovation", *Scientific Series Paper*, Centre interuniversitaire de recherche et analyse des organisations (CIRANO), Montreal, Canadá, disponible en www.cirano.qc.ca/pdf/publication/99s-20.pdf.
- Vries, Frans de y Neelakshi Medkhi (2008), "Environmental Regulation and International Innovation in Automotive Emissions Control Technologies", *Environmental Policy, Technological Innovation and Patents*, OCDE, París.

Capítulo 4

Consideraciones para el diseño de impuestos y otros instrumentos tributarios*

En este capítulo se considera el modo en que el diseño de los impuestos relacionados con el medio ambiente (el nivel del impuesto, la extensión de la base del impuesto y la previsibilidad de la tasa) afecta la capacidad de inducción a la innovación. Además, explora el efecto de las medidas para hacer frente a los aspectos de la economía política. Luego se estudian otras medidas potenciales basadas en los impuestos, tal como las deducciones aceleradas por amortización y los créditos fiscales de I+D, para hacer frente a los retos ambientales y de innovación. El capítulo concluye con una discusión sobre las posibles combinaciones de instrumentos que se necesitan para alcanzar un resultado óptimo.

* La información estadística para Israel se proporcionó bajo la responsabilidad de las autoridades israelíes correspondientes. El uso de dicha información por parte de la OCDE se efectúa sin menoscabo del estatuto de los Altos del Golán, Jerusalén Oriental y los asentamientos israelíes en Cisjordania, bajo los términos de las leyes internacionales.

El diseño de los impuestos relacionados con el medio ambiente puede tener un impacto significativo en su efectividad ambiental. Esta misma gama de factores (desde el nivel del impuesto hasta su implementación y administración) puede implicar un papel importante en el impacto innovador del instrumento.

4.1. Identificación del nivel tributario adecuado

4.1.1. Nivel inicial del impuesto

Un impuesto bien definido, relacionado con el medioambiente, debe fijarse en el nivel de Pigouvian (es decir, donde el impuesto empata el daño marginal de la contaminación con el costo marginal de reducción de la contaminación). Cuando el impuesto se aplica a una representación del daño ambiental, como en el caso de los vehículos motorizados, se necesitan considerar otras externalidades para establecer la tarifa. Ésta se ve afectada por diversos factores: la riqueza de la sociedad, la valoración del medio ambiente, la extensión del daño, la llegada de nuevos procesos y tecnologías que aborden los retos ambientales, la eficacia real de las políticas que abordan el problema del medio ambiente y la posible reversibilidad y/o el punto de quiebre del reto ambiental. Con los permisos negociables, se necesita prácticamente la misma información, pero se utiliza para evaluar la cantidad óptima de contaminantes que se deban permitir. Muchos retos ambientales persisten a lo largo de largos periodos de tiempo, siglos en relación con el cambio climático, por ejemplo, y por lo tanto, las políticas deben estar en tono con estas dinámicas.

Pero el simple nivel de Pigouvian del impuesto se determina de forma exógena con respecto a sus efectos más amplios sobre la economía. En un sentido de equilibrio general, el impuesto sobre la contaminación es, efectivamente, un impuesto a un factor y por lo tanto interacciona con impuestos de factores existentes. Estas interacciones pueden tener efectos significativos, ocasionando que sean diferentes el nivel de impuesto óptimo y el nivel de Pigouvian del impuesto. Goulder (1995), por ejemplo, encontró que las distorsiones preexistentes deberían resultar en un impuesto ambiental óptimo de nivel más bajo. Otros factores importantes para el cálculo de la tarifa final son la consideración de otras externalidades, los temas de la economía política y las necesidades generales de recaudación de ingresos de los gobiernos (el Capítulo 5 presenta la discusión más completa).

Desde la perspectiva de la innovación, existen consideraciones adicionales que se deben tener en cuenta al determinar el nivel óptimo para el impuesto. Parry (2005) sugiere que el tipo de innovación que se va a generar debería influir el nivel. Si la tecnología de una economía está dentro del dominio público (y por lo tanto no existe un costo para acceder a dicha tecnología), el nivel del impuesto sobre las emisiones debería aproximarse al de Pigouvian. Cuando la tecnología es privada (y un monopolio cobra regalías para acceder a la información), la tarifa de la licencia sería demasiado alta para impulsar la difusión óptima de la tecnología, lo que sugiere que una reducción de la tasa fiscal podría disminuir las regalías y mejorar la difusión.

Uno de los problemas más grandes que enfrenta la economía ambiental es el de la incertidumbre, que suele ser mayor para los temas ambientales que para otros (Pindyck, 2007),

dadas las limitaciones considerables de información y los problemas presentes. La dificultad de obtención, o la falta total de la misma, dificulta la labor de los formuladores de políticas de cuantificar dichos efectos y traducirlos en las tarifas fiscales adecuadas o cantidades meta.

Se esperaría naturalmente que una tarifa más alta de impuestos relacionados con el medio ambiente indujera a niveles más altos de innovación. En el estudio de caso de la exacción sobre el cambio climático (CCL) del Reino Unido [y los Acuerdos sobre el Cambio Climático (CCA) acompañantes], que se detallan en el Recuadro 4.1, algunas empresas estaban sujetas a la tarifa total de la CCL, mientras que otras estaban sujetas a una reducción de 80% de las ganancias para que los acuerdos alcancen ciertas metas específicas, especialmente en lo que se refiere a la eficiencia energética. Al contabilizar las características de las empresas que pudieran promover la participación en CCA, se encontró significativamente menos probable que las empresas sujetas a las tarifas reducidas dentro de los CCA generaran patentes (hasta 16 puntos porcentuales) que las empresas sujetas a la tarifa completa de CCL. Esta diferencia en la propensión para innovar se presenta en general, según las mediciones de los recuentos totales de patentes. Los asuntos potenciales relacionados con la clasificación de las patentes podrían explicar el hecho de que este resultado no se sostiene cuando se analiza el efecto de CCL y CCA sobre las patentes relacionadas con el cambio climático.

Recuadro 4.1. Estudio de caso: Concesiones en la Exacción sobre el Cambio Climático del Reino Unido

El Reino Unido introdujo la Exacción sobre el Cambio Climático (CCL) en 2001, que estableció un impuesto sobre la electricidad (GBP 0.43 por kWh), carbón (GBP 0.15 por kWh), gas natural (GBP 0.15 por kWh) y gas licuado de petróleo (GBP 0.07 por kWh) que se utiliza en los negocios. Las empresas grandes con un consumo energético intensivo que entraron en el Acuerdo sobre el Cambio Climático (CCA) estarían sujetas a 20% de CCL a cambio del cumplimiento con las metas acordadas en materia del consumo energético, para la mitigación de los impactos competitivos potenciales por parte de los países que no tengan dichos impuestos [véase Pearce (2006) para leer una discusión más profunda sobre las consideraciones de economía política de la CCL].

Se llevó a cabo un análisis para explorar los impactos en la innovación, ambientales y de economía diferencial de las empresas sujetas a CCA versus las empresas sujetas a la CCL completa. Para abordar el sesgo existente en los tipos de empresas que se suscriben a los CCA, se utilizó un enfoque variable instrumental:

En relación con los resultados ambientales, las empresas de CCA aumentaron sus intensidades de emisiones alrededor de 20% en comparación con las empresas sujetas a la CCL completa, tanto en relación con la producción como con los costos. Las empresas de CCA también incrementaron considerablemente su uso de electricidad en comparación con las empresas con CCL de tasa completa, lo que es congruente con la tarifa fiscal más alta a la electricidad. Fue similar el efecto global sobre las emisiones de carbono. Esto es comprensible debido a la naturaleza de la CCL. Como el CCL es un impuesto sobre la energía – y por lo tanto el precio implícito del carbono del impuesto varía significativamente dependiendo del combustible – podrían existir incentivos para que las empresas cambien a combustibles con tarifas de impuestos menores, pero que producen niveles significativamente mayores de emisiones de CO₂ (o simplemente menor incentivo para cambiar a combustibles más limpios). En cuanto al rendimiento económico de las empresas, no se presentaron diferencias visibles entre las empresas de CCA y las empresas de CCL completo, con respecto al empleo, la producción o la productividad factorial total.

Con respecto a la innovación, el análisis sugiere que las empresas CCA tienen una probabilidad menor de hasta 16 puntos porcentuales de patentar en general, en comparación con las

Recuadro 4.1. Estudio de caso: Concesiones en la Exacción sobre el Cambio Climático del Reino Unido (continuación)

empresas CCL, debido al incentivo bajo de la tarifa de impuesto con descuento. Sin embargo, surge una preocupación del hecho de que en el mismo análisis, llevado a cabo únicamente en las patentes relacionadas con el cambio climático en vez de las patentes en general, no parecen ser tan notables las diferencias entre los dos conjuntos de empresas. De antemano, se habría supuesto que el incentivo para la innovación sería más fuerte en el caso de las innovaciones relacionadas con el cambio climático que las innovaciones en general. Esto se podría deber a la dificultad considerable que presenta para los investigadores la identificación de patentes específicas asociadas directamente con la innovación relacionada con el medio ambiente, especialmente las innovaciones que resultan de los impuestos. El Recuadro 3.1 presenta una discusión más amplia sobre la dificultad de vincular las patentes relacionadas con el medio ambiente y los impuestos.

Por lo tanto, este análisis sugiere que las tasas reducidas de la exacción sobre el cambio climático han tenido un impacto ambiental negativo, y las empresas sujetas a la tarifa completa de CCL no han sobrellevado las consecuencias económicas más adversas. Los efectos innovadores del impuesto sugieren que pueden crearse más patentes para las empresas sujetas a la tarifa de impuesto completa pero cuya clasificación de los datos para las patentes relacionadas con el cambio climático dificulte las conclusiones fuertes.

Fuente: OCDE (2009f).

4.1.2. Los impactos de la previsibilidad y las tarifas inter temporales en la propensión para la innovación

Además de los temas que enfrentan los formuladores de políticas al establecer el nivel inicial del impuesto (o la cantidad de permisos), los cambios continuos a los parámetros que se utilizan para fijar la tarifa inicial generaron preguntas sobre el hecho y el modo en que se deberían de cambiar las tasas en respuesta a lo anterior. A medida que nueva información sale a la luz, por ejemplo, en lo relativo al impacto de los daños ambientales o la voluntad de la sociedad para emprender una reducción mayor/menor, los responsables políticos enfrentan un dilema potencial en relación con la compensación entre asegurar que las tarifas fiscales relacionadas con el ambiente reflejen lo mejor posible la información con valor de previsibilidad para la efectividad ambiental y de innovación.

Al contemplar la opción de llevar a cabo las acciones de reducción del impacto ambiental frente a los impuestos relacionados con el medio ambiente u otras políticas, los agentes contaminantes claramente enfrentan incertidumbre en el futuro. La compra de tecnologías nuevas puede crear bloqueos para la empresa, ya que la tecnología que se asoma en el horizonte podría ofrecer muchos más beneficios. La empresa también podría considerar que el ambiente político cambiará, como en el caso de la tarifa del impuesto relacionado con el medio ambiente o el precio de mercado de los permisos negociables. Estos factores afectan las ganancias esperadas sobre la inversión, y por lo tanto pueden afectar las decisiones de inversión y los niveles de las actividades innovadoras.

Estos temas presentan una incertidumbre considerable y tendrán un impacto en el modo en que reaccione una empresa afectada. La empresa probablemente examinará el futuro y decidirá si actuar ahora (de varias maneras posibles) o esperar hasta un momento futuro en el que exista más información y por lo tanto tomar la mejor decisión. Dixit y Pindyck (1994) explican que la flexibilidad para esperar y decidir sobre el curso de acción en

el futuro es una fuente de valor para las empresas hoy. Esta “literatura sobre las opciones reales” sugiere que las empresas colocan un valor significativo en su capacidad de cambio de curso. Esto se puede lograr al posponer la acción ahora y tomar una decisión en el futuro, cuando pueda existir más información, o cambiar el curso en el futuro al seleccionar ahora un camino con costos bajos. Esta acción puede resultar en costos más altos en el futuro, pero la opción de esperar para tomar una decisión podría ser más valiosa en el presente. Cuando la incertidumbre rodea las grandes inversiones (ya sea una inversión de capital o de I+D), la flexibilidad resultante es especialmente útil para las empresas. Por ejemplo, una empresa que busca construir una planta de generación eléctrica hoy, deberá ponderar todos los factores potenciales en el futuro: los precios de los insumos, costos de construcción, impuestos al carbono, tecnologías nuevas, demanda, etc. Los niveles elevados de incertidumbre resultan en menor acción en el presente, ya que ha aumentado el valor de esperar para recibir mejor información (o un momento de menor incertidumbre).

La incertidumbre se puede presentar de dos modos. Uno es el riesgo de mercado, como los precios de los insumos de producción o el precio esperado que una empresa podrá conseguir por su producto final. Algunos de estos riesgos se pueden compensar más fácilmente en los mercados financieros, a través de la contratación a futuro o los instrumentos financieros. En los casos en que el instrumento político es un permiso negociable (y por lo tanto, *de facto* un insumo de producción), la cobertura de estos instrumentos puede proporcionar un grado de previsibilidad adicional. En estas circunstancias, cabe señalar que la capacidad para crear mayor previsibilidad sobre los precios en el futuro, a través de la cobertura de los permisos negociables, tiene diferentes efectos sobre los adoptantes y sobre los creadores de la innovación. Los adoptantes de la innovación pueden desarrollar estrategias para proporcionar certidumbre sobre sus precios y ahorros en el futuro.

Sin embargo, los innovadores (que no sean también adoptantes) no están directamente gobernados por los precios de los permisos negociables y tampoco son capaces de controlar los precios de los adoptantes. Por otro lado, una tarifa fiscal no cambiante, ofrece la misma estabilidad para innovadores y adoptantes.

La otra forma es la política basada en el riesgo. Los gobiernos pueden introducir, cambiar o derogar las políticas que tienen un impacto significativo en las condiciones de operación bajo las cuales funcionan las empresas. La dinámica política o la información nueva sobre el daño de la contaminación, pueden causar cambios significativos en las políticas que se hayan implementado posiblemente con una estabilidad a largo plazo.. Con una perspectiva entre los distintos países, OCDE (2009b) encontró que la estabilidad de la política ambiental (incluyendo los impuestos, reglamentos y otros instrumentos) se asocia positivamente con las patentes ambientales en las áreas del aire, el agua y los residuos. Este efecto se diferencia del efecto del rigor de la política ambiental, que también es importante.

Reedman et al. (2006) utilizan la metodología de opciones reales para evaluar las conductas de adopción de tecnología de las empresas frente al impuesto sobre el carbono. Cuando se desconocen el nivel y la fecha de implementación del impuesto al carbono, las empresas dentro del mercado de electricidad de Australia deberían invertir más en las tecnologías bajas en carbono, mientras que la incertidumbre de estos parámetros sugiere que las decisiones sobre estas inversiones se deberían posponer hasta que se tenga más información sobre los costos. Baker y Shiitu (2006) encontraron variaciones en los gastos de I+D óptimos para la tecnología energética cuando se enfrentan a la incertidumbre. En su mayoría, los gastos de I+D para la energía, convencional o alternativa, disminuyen cuando existe incertidumbre sobre el impuesto al carbono. Sin embargo, si las empresas son lo suficientemente flexibles y la probabilidad del impuesto es lo adecuadamente alta para ha-

cer rentable la generación de energía eléctrica alternativa, I+D podría aumentar conforme se incrementa el riesgo.

Un ejemplo claro de la imprevisibilidad de las políticas gubernamentales es el crédito fiscal para la producción que se ofrece en cuanto a la generación eólica en Estados Unidos. A lo largo de un periodo de una década, de 1999 a 2009, el crédito fiscal se renovó seis veces, ya sea por caducidad o a pocos meses de caducar cada vez. Esta imprevisibilidad significativa, en cuanto a la presencia del subsidio, resultó en una variación considerable en las adiciones de energía eólica en la red de energía de Estados Unidos. Sin embargo, la variación del nivel de inversión no se debió a la viabilidad financiera subyacente de la energía eólica (y por lo tanto la ausencia del crédito), sino a la incertidumbre en cuanto a la tarifa y el modo de impactar la negociación entre las compañías de energía y las empresas de energía eólica (Barradale, 2008).

En el estudio de caso sobre los factores que afectan la innovación para el cambio climático en el Reino Unido, como se describe en el Recuadro 4.6, el efecto del UE ETS, el sistema de comercio de emisiones de la Unión Europea, se investigó para conocer la conducta innovadora de las empresas incluidas en las encuestas, dentro de un rango de variables que afectan el ambiente de operación de las empresas. Aunque la presencia de las metas de gas de efecto invernadero a nivel de las empresas, la presión de los clientes y los inversionistas y la orientación general del cambio climático de la empresa se relacionaron positivamente con la propensión mayor de I+D para el cambio climático (de producto y de proceso), no parece existir una correlación con la participación en el UE ETS. El hecho de que los permisos se han comercializado a precios relativamente bajos puede haber reducido el incentivo para llevar a cabo actividades de innovación. También es concebible que la volatilidad de los precios de los permisos y la incertidumbre que rodea los parámetros de las fases posteriores del EU ETS, como la tercera fase que comenzará en 2013, han causado que las empresas elijan esperar para desarrollar la actividad de innovación, pero esto no significa necesariamente que hayan esperado para llevar a cabo las actividades de reducción.

La experiencia de Japón, que se describe en el Recuadro 4.2, ofrece un ejemplo mucho más robusto del efecto de la incertidumbre de los impuestos ambientales en la innovación. Desde los años 70, las emisiones de SO_x se gravaron con base en un nivel de compensación determinado de forma exógena, que se pagó a las víctimas de la contaminación del aire. Las emisiones disminuyeron, y la compensación aumentó, las tarifas fiscales aumentaron súbitamente, antes de que se reformara el sistema. Debido al aumento significativo en los primeros años y el reconocimiento de que un sistema de este tipo es sostenible políticamente, las empresas llevaron a cabo poca actividad de innovación, como se puede observar en el recuento de las patentes relacionadas. Las empresas continuaron la adopción de tecnologías nuevas para reducir los pagos del impuesto (y cumplir con otros requisitos normativos en vigor simultáneamente), pero se frenó el desarrollo de las innovaciones.

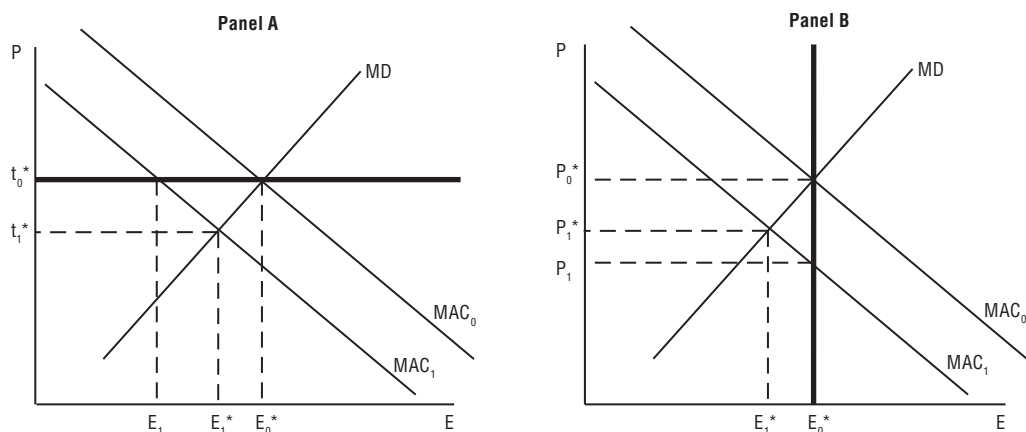
Cabe notar que la previsibilidad no implica necesariamente que el impuesto permanezca constante durante un periodo largo de tiempo; significa que la tasa permanece dentro de un rango de comodidad alrededor del camino esperado (y creíble). Esto significa que la tasa del impuesto se puede considerar predecible, aun si se planea su aumento o disminución gradual, mientras esté previsto por parte de los gobiernos y la industria.

4.1.3. Impactos de la innovación en las tasas del impuesto intertemporal y los niveles de emisiones

Si los formuladores de políticas han hecho bien su trabajo, el impuesto ambiental establecido de manera óptima debería inducir la innovación. Al permitir que las em-

presas alcancen ciertos niveles de reducción a un costo más bajo, la innovación implica que la curva del costo de reducción marginal se mueve hacia dentro. En cuanto a las políticas diseñadas para adaptarse a los desarrollos continuos, la innovación, aunada a que no hay ningún cambio en el daño marginal causado por el contaminante, sugiere que la tasa de impuesto óptima se debería reducir (en los sistemas de permisos negociables, se debería reducir el número de permisos) frente a una curva MAC desplazada hacia dentro, como se puede observar en la Gráfica 4.1.

Gráfica 4.1 Impactos de la innovación con el sistema tributario y los permisos negociables



En el caso del impuesto relacionado con el medio ambiente (Panel A), el impuesto inicial se establece óptimamente en t_0^* , para equiparar la curva de costo de reducción marginal (MAC_0) con la curva del daño marginal (MD) en el periodo de origen, para obtener el nivel óptimo de emisiones (E_0^*). Con la llegada de una innovación, se incrementan las opciones de reducción disponibles para la empresa, lo que resulta en un desplazamiento hacia abajo de la curva de costos de reducción marginal a MAC_1 . Con la tasa fiscal fija, los niveles de emisiones se reducen considerablemente a E_1 . En un mundo que vigile continuamente las políticas ambientales, el impuesto se reduciría para volver a ecualizar la demanda marginal con el costo de reducción marginal. Sucede casi lo mismo en el caso de los permisos negociables (Panel B): la innovación causa un movimiento hacia dentro de la curva MAC. Si se fija previamente el límite de emisiones, el precio del permiso se reduce significativamente. Con una política óptima y receptiva, se debería reducir el límite de emisiones a E_1^* , en el que el precio del permiso sea de P_1^* . Por ende, en un ambiente político que no responde, la innovación en presencia de los impuestos resulta en una reducción demasiado drástica de las emisiones, mientras que la innovación en presencia de los permisos negociables resulta en una reducción nula de las emisiones, pero una gran disminución de precios.

Pueden surgir diferencias cuando difieren las pendientes del costo de reducción marginal y las curvas de los daños marginales (Weitzman, 1974). Por ejemplo, cuando la curva de daños marginales es mucho más pronunciada que la curva de los costos de reducción marginal, el uso de un mecanismo de precios (los impuestos relacionados con el mercado) podría tener consecuencias mucho mayores que el uso de un mecanismo de cantidades (los programas de permisos negociables). Debido a que la curva de reducción de costos marginales es menos pronunciada, un pequeño error de cálculo a la hora de fijar el nivel tributario podría tener impactos importantes en la cantidad de contaminación que se emite.

Recuadro 4.2. Estudio de caso: La incertidumbre del cargo sobre las emisiones de SO_x en Japón

Japón tiene una larga historia, desde la década de 1960, de buscar el control de las emisiones de los óxidos de azufre (SO_x) que se generan usualmente a través de la combustión de petróleo y carbón para la generación eléctrica, entre otros, y causan problemas respiratorios. Se establecieron reglamentos relacionados con las tasas de emisiones, el uso de combustible, la altura de las chimeneas, por ejemplo, y contribuyeron a la disminución significativa de los niveles de emisiones y niveles de concentración en el ambiente.

Al mismo tiempo, las víctimas de enfermedades relacionadas con la contaminación buscaron compensación por parte de los gobiernos y de la industria. Como resultado, se estableció un cobro sobre las emisiones de SO_x en 1973, y se puso en práctica en 1974, con el uso de las ganancias para la compensación de las víctimas de la contaminación del aire. La tasa no se basó en el daño marginal de una unidad extra en el presente, sino con base en el número de ingresos necesarios para compensar a las víctimas lesionadas por las emisiones históricas de SO_x y otros tipos de contaminantes. Como aumentó de manera significativa el número de víctimas, al igual que su compensación, y continuaron disminuyendo las tasas de emisiones, la tarifa de impuesto por unidad de emisiones se incrementó exponencialmente, como se muestra en el Panel A a continuación. En muchos de los primeros años, las tasas se incrementaron de manera significativa cada año. En 1987, se establecieron reformas para intentar limitar las tarifas fiscales, ya que los cobros a las empresas podían equivaler a casi siete veces el precio del combustible, con base en el uso de petróleo con alto contenido de azufre (tres por ciento) en Osaka.

En el mismo periodo, se observó una adopción significativa de las tecnologías de reducción, especialmente la desulfuración de los gases de combustión (un tipo de tecnología de etapa final que reduce el contenido de azufre de la combustión), entre las empresas reglamentadas que buscaron reducir su responsabilidad fiscal. Sin embargo, al mismo tiempo, el Panel B demuestra que la actividad de patentes relacionadas con las emisiones de SO_x se estaba disminuyendo conforme aumentaban las tarifas fiscales. Esto sugiere que el impuesto no proporcionó un ambiente en el que fuera rentable el desarrollo de actividades innovadoras. Existen algunas posibles razones para esto:

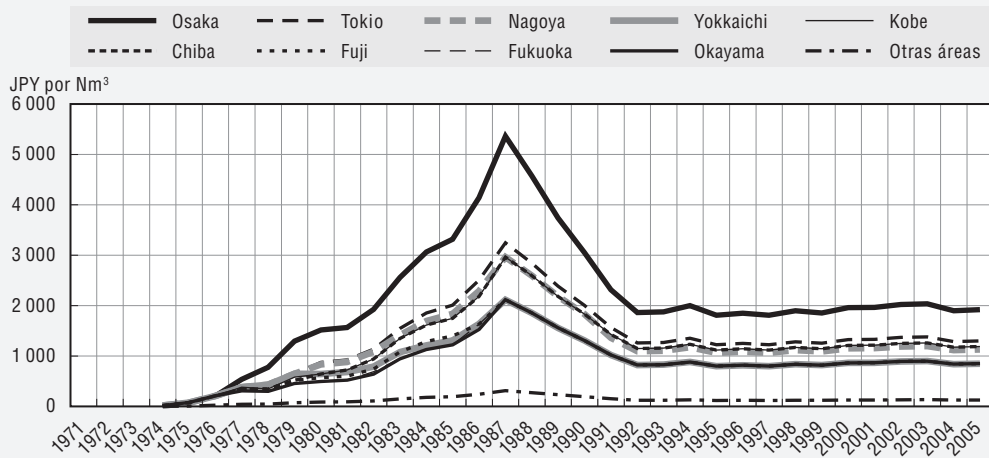
- Primero, con el rápido aumento de las tarifas fiscales, que alcanzaron niveles increíblemente altos, fue aparente que el sistema actual presenta fallas básicas. Hubo presión política significativa para la reforma del sistema. La falta de credibilidad del sistema entero puede haber frenado las inversiones de manera significativa para los esfuerzos de I+D de largo plazo.
- Segundo, las tecnologías que se desarrollaron en los años 70 debido a la normativa legal estricta y los acuerdos sobre el control de la contaminación entre el gobierno y la industria en las áreas de alta densidad industrial, fueron casi suficientes para lograr la subsiguiente reducción de emisiones en otras áreas en los años 80. La exacción de compensación contribuyó más a la difusión de las tecnologías de reducción de SO_x desarrolladas anteriormente que a su desarrollo en sí.

Por lo tanto, la experiencia de Japón acentúa la importancia de una previsibilidad razonable de la tarifa fiscal a largo plazo, con el soporte de la certidumbre al respecto del ambiente político, para la creación de un clima conducente no sólo a la adopción de la tecnología, sino al desarrollo de la innovación.

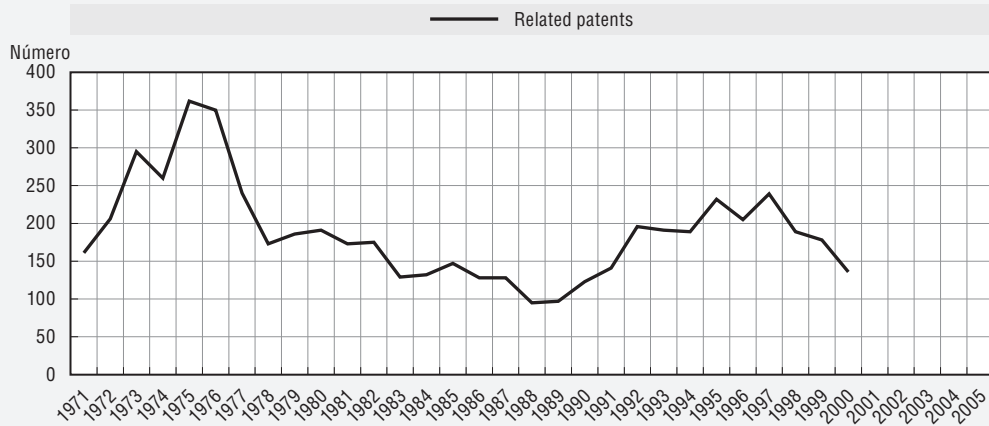
Fuente: OCDE (2009h).

Recuadro 4.2. Estudio de caso: La incertidumbre del cargo sobre las emisiones de SO_x en Japón

Pánel A. SO_x tasas fiscales



Pánel B. Actividad de patentes total relacionada con la disminución de SO_x



<http://dx.doi.org/10.1787/888932318015>

Dicha respuesta del regulador, frente a la innovación (respuesta institucional óptima), es importante en la búsqueda de incentivos para la innovación y sobre la elección del instrumento. Milliman y Prince (1989) evalúan el efecto de la innovación en los incentivos de las empresas para la respuesta institucional óptima bajo distintos instrumentos de política ambiental. En los casos en que el innovador es usuario de la innovación patentada, o solamente es adoptante, la respuesta institucional óptima resulta mejor bajo el impuesto sobre las emisiones o el permiso de subasta. En estos escenarios, el regulador reduce el impuesto/precio, poniendo así una carga menor en las industrias afectadas. Para los innovadores terceros, no sujetos directamente a la política ambiental, los impuestos sobre las emisiones son la opción menos óptima. El regulador óptimo reduciría los impuestos bajo este escenario, ofreciendo así menos incentivos para la reducción adicional sin ofrecer ningún beneficio al innovador, debido a que no están sujetos a la política ambiental. Por otro lado, los enfoques de mando y control proporcionarían el mayor incentivo para este

innovador, ya que la respuesta institucional óptima frente a la innovación es el fortalecimiento de la política, lo que ofrece beneficios adicionales para el innovador.

Cabe notar que la presencia del cambio técnico no resultará siempre en un movimiento hacia dentro de la curva de la reducción de costos marginales. El tipo de innovación puede tener distintos impactos en el movimiento de la curva de reducción de costos marginales (Amir *et al.*, 2008 y Bauman *et al.*, 2008). Las innovaciones de etapa final siempre llevarán a un cambio hacia abajo en la curva de costos de reducción marginales, debido a que no existe ninguna ventaja para ellos excepto reducir la contaminación. Por otro lado, las innovaciones de los procesos de producción podrían impulsar la expansión de la contaminación debido a que las innovaciones también tienen un impacto en la función de costos subyacente de la empresa, y por lo tanto las nuevas innovaciones pueden promover la ampliación de la producción. De hecho, esto podría resultar en un movimiento hacia fuera de la curva de costos de reducción marginal. La implicación aquí es que, cuando la tasa fiscal es fija (y por lo tanto es poco probable que cambie con la presencia de la innovación), el mando y control o las opciones de cantidad podrían ser más efectivos en este sentido.

Otra característica importante del cambio tecnológico sobre la curva de costos de reducción marginal, son los efectos de las innovaciones intermedias en relación con las innovaciones a largo plazo (Baker *et al.*, 2008). Estas innovaciones intermedias (innovaciones intermedias en el contexto del cambio climático serían las fuentes menos intensivas de emisiones de carbono, pero no las fuentes libres de carbono) pueden resultar inicialmente en un movimiento hacia abajo de la curva MAC para los niveles de reducción bajos, pero, conforme la reducción alcance niveles altos, la curva de costo marginal se traslada hacia fuera. Los autores presentan un ejemplo simple para ilustrar esto. Supongamos que existen tres fuentes de energía en la economía: carbón (emisiones altas), gas natural (menos emisiones), y nuclear (cero emisiones). Sin impuestos relacionados con el medio ambiente, el carbón tiene el costo total de producción más bajo por unidad, seguido del gas natural y finalmente la energía nuclear; la implementación de los impuestos sobre el carbono invierte este orden: primero la energía nuclear, luego el gas natural, y por último el carbón, son ahora los menos caros. Por lo tanto, una economía cuya electricidad sólo se genera a partir del carbón, iniciaría un cambio hacia la energía nuclear y no se construiría ninguna planta de gas natural. Ahora, con innovación en la planta de gas natural que genera un costo de producción después de impuestos más bajo que la energía nuclear, la curva MAC se movería hacia dentro conforme la generación de energía eléctrica se transfiriera del carbón al gas natural. Esto ocurre para niveles bajos de reducción a corto plazo. Sin embargo, cuando se presentan necesidades de reducción importantes, como en el caso de la casi descarbonización de las economías para el cambio climático, incluso un cambio total al gas natural sería insuficiente para lograr la reducción necesaria. Por lo tanto, la producción de gas natural tendría que ceder su lugar a la opción nuclear para los niveles altos de reducción. El costo marginal de cambiar de gas natural a energía nuclear es más alto ahora que el cambio del carbón a la energía nuclear, lo que resulta en un movimiento hacia fuera de la curva MAC en los niveles altos de reducción.

También se presentan los efectos de la innovación en la curva de costos de reducción marginal de otras economías en las que están en proceso de cambio otros factores. Los efectos de escala del crecimiento económico están moviendo la curva MAC hacia fuera (de tal modo que alcanzar la cantidad de emisiones cuesta más en una economía en crecimiento que en una economía estancada). Este crecimiento económico también puede tener efectos de ingreso en la curva de daños marginales, de tal modo que se traslada hacia la izquierda conforme más personas estén de acuerdo en incrementar el pago para lograr

ciertas mejoras ambientales al volverse más ricos. Así, se debe considerar el efecto de la innovación en la curva de los costos de reducción marginal en comparación con el efecto global sobre los demás factores, para determinar la tarifa fiscal óptima.

Cabe notar que pueden variar significativamente los modelos de los precios óptimos de impuestos sobre el carbono. La mayoría prevé un alza en el precio del carbón en relación con los aumentos de temperatura y los crecientes costos de reducción marginal, conforme se recolectan los frutos que están al alcance de todos, quedando así las opciones más costosas para el futuro. Por otro lado, los impactos de la innovación podrían causar la reducción del precio del carbón, que incluso podría alcanzar cero en el futuro lejano (Acemoglu *et al.*, 2009). Al implementar una estrategia óptima de impuesto sobre el carbono y los subsidios de I+D, el empuje que se da a las actividades de I+D hacia las tecnologías ecológicas, crea un proceso en el que es más probable que las empresas inviertan en I+D ecológico (debido a las inversiones del pasado y el hecho de que están mejorando en este aspecto). Debido al efecto de avalancha, los estímulos de la política gubernamental se pueden retractar, de tal modo que el impuesto óptimo sea cero durante varias décadas. Dicho análisis se llevó a cabo en un modelo estilizado y no se puede utilizar para la asesoría política específica, sin embargo, resalta el potencial de la innovación en este campo.

Por otro lado, los impuestos relacionados con el medio ambiente podrían tener un impacto indirecto positivo en los niveles de contaminación, debido al efecto de retroalimentación. La presencia de los impuestos ambientales aplicados a contaminantes específicos promueve la innovación para la reducción de las emisiones de dicho contaminante (como las medidas de efectividad, por ejemplo). Dichas innovaciones reducen la demanda para el producto subyacente. El efecto de la demanda reducida del bien subyacente es la disminución de su precio. El precio reducido tendría un efecto de escala, promoviendo así un consumo mayor, y por lo tanto, generando un impacto en el nivel global de emisiones.¹ Reequilibrar la tarifa del impuesto sería lo óptimo. Estos efectos de retroalimentación son mayores cuando se grava un impuesto sobre las emisiones de un contaminante que estén altamente correlacionados con un bien subyacente (como el dióxido de carbono y los combustibles fósiles), o en el caso de un impuesto gravado sobre una representación de la contaminación (como el combustible). Cuando el nivel y la extensión del impuesto son grandes, se espera que los efectos de retroalimentación sean mayores.

La dinámica de la economía política puede hacer ajustes en el instrumento frente a la difícil innovación, aunque la respuesta óptima de los gobiernos hacia el desplazamiento hacia el interior del MAC resulta en la misma combinación de precios/emisiones. Por otro lado, la reducción de la tarifa del impuesto se podría entender como una recompensa para los contaminadores, y la voluntad política de lograr estos cambios podría ser difícil para los ciudadanos. Otra característica mitigante es que los impuestos relacionados con el medio ambiente se han establecido en niveles fijos en los primeros años. La inflación y el crecimiento económico desgastan esta efectividad, resultando en una disminución continua *de facto* del precio con el paso de los años. En el caso de Suecia del cargo a las emisiones de NO_x, que se describe en el Recuadro 3.2, se aplicó el impuesto a SEK 40 por kilogramo en 1992. No se modificó la tarifa del impuesto hasta 2008, lo que da lugar a una disminución real del impuesto de alrededor de 20%. Esta característica de diseño puede debilitar la argumentación para la reducción de las tasas anunciadas de los impuestos relacionados con el medio ambiente en presencia de la innovación.

Por otro lado, la reducción del número total de permisos frente a la innovación puede tener una gama de perspectivas de economía política, dependiendo del modo en que se lleve a cabo. Primero, la simple revocación de algunos permisos de contamina-

ción, o su efectiva devaluación, se podría considerar la expropiación de derechos de propiedad, como es el caso en algunas jurisdicciones. Segundo, si son cortos los periodos de tiempo entre las rondas de subasta, los gobiernos pueden esperar o simplemente ofrecer menos permisos en la siguiente ronda. Por último, si los periodos entre las rondas son más largos, los gobiernos pueden entrar al mercado con el objetivo de comprar permisos para retirarlos. La segunda opción causaría el menor número de problemas en la economía política por parte de su industria o de los ciudadanos, aunque el efecto de los periodos cortos perjudica los beneficios de la previsibilidad.

4.1.4. Plazos de introducción para los impuestos relacionados con el medio ambiente

Anunciar un impuesto nuevo (o el aumento de un impuesto existente) con una fecha efectiva inmediata, ofrece incentivos de reducción de inmediato, pero experimentar con las técnicas nuevas, instalar equipo nuevo, elaborar productos nuevos o cambiar de insumos, son acciones que toman tiempo para su implementación total. Por lo tanto, un impuesto relacionado con el medio ambiente, que se anuncia e implementa dentro de un periodo de tiempo relativamente corto, ofrece poca o ninguna oportunidad a las empresas para generar una reducción inmediatamente después de su introducción. El efecto resultante es que los contaminantes están sujetos al impuesto sobre sus emisiones en el periodo actual (que se basan en el comportamiento histórico), además de los de corto plazo (debido a la incapacidad de reemplazar rápidamente los bienes de capital o cambiar los procesos).

Los avisos fiables de que se implementará un impuesto relacionado con el medio ambiente en el futuro cercano (uno o dos años, por ejemplo), en vez de en el corto plazo, puede proporcionar los incentivos de reducción correspondientes al impuesto a las empresas, sin recolectar el ingreso con base efectiva en los acuerdos de producción previos al impuesto. También puede proporcionar un incentivo en la forma del aumento de inversiones en las actividades de innovación, sin efecto de ganancia. Dicha introducción también podría ayudar a facilitar la implementación de los impuestos ambientales en los grupos que han manifestado su rechazo a su introducción.

El estudio de caso de las emisiones de COV en Suiza, según se describe en el Recuadro 3.8, utilizó este enfoque. La ley entró en vigor en enero de 1998, y el impuesto se implementó dos años más tarde. Este periodo de implementación se suscitó a partir de las sugerencias por parte de la industria, además de la necesidad de que las autoridades gubernamentales pertinentes construyeran las competencias y la infraestructura necesarias para la efectiva administración tributaria. En respuesta a una imposición de impuestos creíble en el futuro, se comenzó una porción de la reducción en 1998. Una empresa entrevistada incluso adoptó el costoso equipo de incineración, con altos costos de operación, a mediados de los años 90, debido a la introducción esperada de los impuestos sobre los COV.

4.1.5. Preocupaciones sobre la competitividad y las dinámicas de la economía política

Como se detalla en OCDE (2006), existen consideraciones de economía política que tienen un impacto en el diseño de los impuestos relacionados con el medio ambiente. Las exenciones, las reducciones de las tarifas y otras medidas se presentan en un amplio rango de impuestos que se han implementado en los países de la OCDE. Las concesiones se realizan usualmente para responder a los problemas de distribución relacionados con los impuestos ambientales. Debido a que la calefacción del hogar y el transporte normalmente consumen un porcentaje mayor del presupuesto de las viviendas de bajo ingreso, también existe la preocupación de que la carga de dichos impuestos caiga desproporcionadamente en las viviendas con menor capacidad para cubrirla.

Más aún, también se hacen concesiones a los sectores más intensivos en cuanto a las emisiones y, por lo tanto, más expuestas al comercio potencial, para abordar los problemas de competitividad que puedan surgir contra las jurisdicciones que no graven dichos impuestos. Cuando un país ha gravado un impuesto relacionado con el medio ambiente antes que sus iguales que también enfrentan el mismo reto ambiental, algunos de los beneficios les llegarán a los últimos, debido a que no toda la información o la innovación se puede capturar perfectamente. Por lo tanto los costos de reducción para los seguidores podrían ser menores que para el país que inicie el proceso, lo que sugiere que un impuesto más bajo ayudaría a reducir estos efectos secundarios, y así las diferencias de competitividad entre los países iniciadores y los seguidores. Por otro lado, cuando un país iniciador es un país desarrollado, y los seguidores están en vías de desarrollo, éste podría ser un resultado más deseable. Rosendahl (2004), por ejemplo, sugiere que debido a que las tecnologías ambientales se desarrollan primero en los países industrializados, los impuestos ambientales óptimos deberían ser más altos en los países desarrollados que los países en vías de desarrollo, creando así los incentivos para el aprendizaje en los países desarrollados, que puedan beneficiar después a los adoptantes tardíos en los países en vías de desarrollo.

Estas preocupaciones sobre la competitividad también se manifiestan en las cuestiones ambientales, debido a que las empresas a veces se pueden trasladar y seguir contaminando al nivel usual de sus negocios. En el cambio climático, esta “fuga de carbono” es una preocupación que se menciona frecuentemente dentro de la industria. Sin embargo, conforme crece el tamaño del mercado (ya sea a través de la expansión del alcance de las políticas o la coordinación de las políticas entre los distintos países), el potencial para su fuga disminuye rápidamente (OCDE, 2009c).

En muchas jurisdicciones, el uso de recursos básicos, como el agua y el combustible para la calefacción del hogar, está repleto de problemas de competitividad y distribución. El uso de los precios progresivamente escalonados puede proporcionar niveles básicos del bien a precios bajos, pero el aumento de precios sobre el uso mayor seguirá proporcionando incentivos considerables para la reducción en el margen. Israel, por ejemplo, aplica tarifas de bloque para todos los usuarios del agua (residenciales, industriales y agrícolas).³ Por ejemplo, los precios para las viviendas fueron ILS 3.93 por m³ para los primeros 8 metros cúbicos por mes, ILS 5.50 por m³ durante los siguientes siete, e ILS 7.65 por m³ a partir de ese momento, en 2008 (OCDE, 2009i). Se presenta una estructura similar para la agricultura, con incentivos adicionales de precios más bajos por el uso de agua salina o reciclada (drenaje tratado). La experiencia de Israel y sus precios del agua, que se describe en el Recuadro 4.3, muestra que la efectividad ambiental de los precios del agua pueden variar significativamente entre los distintos sectores, ya que las elasticidades de precio son mucho menores para las viviendas que para otros usuarios. Sin embargo, resulta difícil separar los impactos en la innovación a partir de dichos precios del agua, debido a la coexistencia de las inversiones públicas, los reglamentos, las campañas de información y otros temas relacionados.

En Suecia, la política relacionada con la introducción del cobro a las emisiones de NO_x incluyó una disposición para el reembolso del cargo, menos una pequeña fracción para la administración, con base en la producción energética de las empresas. Este mecanismo de reembolso estabiliza algunos de los impactos del cargo, las empresas más limpias que el promedio reciben un pago neto y las empresas más sucias que el promedio efectúan un pago neto. El incentivo para la reducción permanece en gran medida, debido a la desvinculación entre la base fiscal y la base de reembolsos; sin embargo, este tipo de mecanismo puede tener un pequeño impacto negativo en la inducción a la innovación para

las empresas que también generan contaminación, según se detalla en el Recuadro 4.4.

Mientras que dicho mecanismo de reembolso puede tener unos impactos negativos pequeños en la innovación,⁴ esto se debe ponderar contra el ángulo político-económico de que tal vez nunca se habría podido implementar una tasa de impuestos tan alta (en comparación con las otras jurisdicciones que implementaron dichos cargos, como el cargo en Francia equivalente a una centésima parte del de Suecia) sin la existencia de dicho reembolso. La disposición de reembolso en Suecia también pudo haber resultado en una tarifa fiscal más alta aun que el nivel sugerido de acuerdo con las externalidades ambientales asociadas. Noruega, país vecino de Suecia, ha introducido un impuesto similar sobre las emisiones de NO_x , pero prácticamente a la mitad del nivel, y sin la disposición de reembolso.

En la práctica, es posible que no esté tan justificado, como algunos predicen, el temor de las empresas de consumo energético intensivo o de comercio intensivo que buscan huir a jurisdicciones con impuestos más bajos. El Recuadro 4.1 presenta un estudio de caso a la Exacción sobre el Cambio Climático del Reino Unido que ofrece reducciones de las tarifas para algunos sectores y empresas de emisiones intensivas. Al comparar las empresas sujetas a la tarifa completa con aquellas sujetas a la tasa reducida, se encontró que aquellas que cubrían la tarifa completa estaban en mayor desventaja económica en comparación con las empresas con tasa reducida, a pesar de la preocupación de que aquellas que pagan la tarifa completa sean menos competitivas (tanto con los competidores nacionales que pagan la tarifa reducida, como con los competidores internacionales que no están siquiera sujetos a una CCL⁵). Ninguna de las mediciones (niveles de empleo, producción bruta real, y productividad factorial total) disminuye cuando las empresas pagan la tarifa completa de la CCL en vez de una tasa reducida. Sin embargo, parece ser que el incentivo menor que tienen las empresas debido a la carga fiscal más baja resultó en un rendimiento de innovación reducido, según las mediciones de los recuentos de patentes, en comparación con las empresas sujetas a la tarifa completa.

Estas consideraciones de economía política se han enfocado generalmente en las empresas individuales. Sin embargo, el diseño de ciertos impuestos relacionados con el medio ambiente puede producir impactos en la innovación diferentes con base en la propensión a la innovación individual y colectiva. Con los impuestos a la contaminación (sin características adicionales), existen incentivos para que los individuos y grupos de individuos (tales como las asociaciones industriales) inviertan en innovaciones que benefician a todos los participantes. En la agricultura, las asociaciones industriales generalmente recaudan tarifas de retención de cuotas para financiar las actividades de I+D porque los beneficios esperados de estas innovaciones se acumulan para todos los campesinos pero está fuera del alcance dicho financiamiento para los casos individuales. Sucede algo similar con los impuestos sobre la contaminación, grupos de empresas afectados por el impuesto (o incluso el grupo entero) tienen el incentivo para reunir sus recursos y emprender actividades colectivas de I+D, donde las economías de escala tornan las acciones individuales poco productivas.

La inclusión de características de diseño adicionales puede tener un impacto profundo en los incentivos para la innovación colectiva. Bajo el cargo a las emisiones de SO_x en Japón, la cantidad de la ganancia se calcula de manera exógena, y el nivel de las emisiones determina el del impuesto. Las empresas individuales tienen incentivos para reducir las emisiones y así disminuir su responsabilidad fiscal individual. Por el contrario, no existe un incentivo para las empresas que enfrentan el impuesto colectivamente para invertir en la innovación de reducción. Los resultados que fluyan de dicha inversión y se absorban por todas las empresas,

Recuadro 4.3. Estudio de caso: El precio del agua en Israel

Situado en una locación árida y con crecimiento de la población, crecimiento de los ingresos y sequías más frecuentes, la conservación del agua es una preocupación real en Israel. Como tal, la política gubernamental se ha enfocado en la creación de incentivos importantes para obtener un uso más eficiente del agua (además de la expansión del suministro a través de la desalinización). Como resultado de diversos factores, incluyendo una política gubernamental robusta, la demanda de agua en Israel es de 300 m₃ por año en promedio, en comparación con el estándar internacional que se aproxima más a 1,700 m₃ por año (Mason, 2009).

Una de las señales más visibles de esta determinación se ha presentado a través del uso de precios del agua en aumento para uso doméstico, comercial y agrícola, lo que puede tener el mismo efecto que los impuestos. La comparación entre los precios para la agricultura y los precios residenciales resalta los distintos efectos entre los sectores. En la agricultura, los campesinos enfrentan una tasa de tarifas escalonadas en tres bloques, con base en su cuota. Entre 1995 y 2005, por ejemplo, el promedio de precios reales del agua para la agricultura aumento más de 68% a USD 0.33 por m₃. A pesar de que también se presentan aumentos significativos a largo plazo, el valor de la producción agrícola por m₃ de agua se ha triplicado desde 1958. La estructura de precios ha promovido un uso más eficiente del agua, por ejemplo, a través del riego por goteo, además de la sustitución (el uso de fuentes de agua de drenaje tratada y reciclada, alrededor de USD 0.20 por m₃). Por otro lado, el uso per capita en las viviendas continúa en una trayectoria ascendente, a pesar de que también se han aumentado los precios considerablemente. Generalmente sólo se observan reducciones cuando se complementa con campañas para el ahorro del agua a través de información, los proyectos de comunicación e implementación de las normas existentes.

Sin embargo, es difícil distinguir entre los efectos de los precios y las demás políticas en los logros en Israel en cuanto a la conservación del agua. Esto sucede especialmente al diferenciar entre la innovación y los impactos en la productividad. En muchos casos, se instalaron los cambios en los precios simultáneamente a los gastos públicos importantes, para ayudar con la adopción de la tecnología, las normas sobre la provisión del servicio y las campañas de comercialización. Sin embargo, el efecto de dichas políticas ha impulsado una cantidad significativa de innovación (en las tecnologías de ahorro de agua, tecnologías de aumento de suministro, etc.), y los aumentos considerables en los precios del agua que se han observado recientemente ofrecen un campo fértil para el estudio adicional en el futuro.

Fuente: OCDE (2009i).

reducirían el nivel de emisiones colectivas, lo cual sólo resultaría en un aumento automático de la tarifa. En este escenario, las empresas japonesas individuales no estarían mejor.⁶ Igualmente, en el sistema de reembolso en Suecia, cualquier innovación colectiva que resulte en una reducción adicional por parte de las empresas, disminuye el aumento del impuesto recaudado, pero también reduce la cantidad que se reembolsa, por lo tanto las empresas tampoco experimentan mejoras. Bajo estos dos sistemas de diseño distinto (y hasta cierto punto, los sistemas de limitación y comercio), la innovación sólo es rentable a nivel individual ya que la reducción de emisiones debida al progreso tecnológico ocurre en relación con los niveles de emisiones de las empresas individuales.

4.2. Extensión de la base imponible

Para una empresa contaminante, sujeta a un impuesto que considera únicamente su propia producción, existirán incentivos para desarrollar actividades de innovación para así

Recuadro 4.4. El reembolso de impuestos y el impacto en la innovación

Muchas veces, una empresa sujeta a un impuesto ambiental tiene un incentivo para innovar, tanto para utilizar la innovación dentro de la propia empresa como para proporcionar la licencia para otros. Con los reembolsos, se obstaculiza considerablemente este incentivo, ya que la adopción de innovaciones no sólo reduce el impuesto responsable de la contaminación, sino también el reembolso esperado, especialmente en la creciente concentración del mercado. Por lo tanto, se reduce el ingreso esperado de la innovación.

Con un impuesto relacionado con el medio ambiente, la empresa innovadora j intenta minimizar sus costos (C_j) que reciben la influencia de sus emisiones (e_j), su producción (q_j) y la tecnología de reducción (k_j), considerando sus costos de I+D (D_j), el ingreso esperado por regalías de una innovación nueva (R_j) con licencia otorgada a m empresas no innovadoras, y sus pagos de impuestos ($t \cdot e_j$). Con un mecanismo de reembolso, éste también afecta la estructura de costos de la empresa, y se basa en las emisiones de todas las n empresas dentro de la industria. Así, la función del costo de innovación para la empresa se puede pensar de la siguiente manera:

$$C_j = c_j(e_j(k_j), q_j, k_j) + D_j(k_j) - R_j(k_j) + t e_j - t \frac{q_j}{Q} \sum_{i=1}^n e_i(k_i) \quad (1)$$

El precio de las regalías de la empresa es simplemente: $R_j(k_j) = m(k_j)P_m(k_j)$. Si la ecuación de los costos se diferencia con respecto a la tecnología k_j y se fija en cero para encontrar el mínimo, la ecuación reacomodada toma la siguiente forma:

$$\frac{\partial D_j}{\partial k_j} = -\frac{\partial c_j}{\partial k_j} + \frac{\partial R_j}{\partial k_j} + t \frac{q_j}{Q} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^m \frac{\partial e_i}{\partial k_j}, \text{ donde } Q = \sum_{i=1}^n q_i \quad (2)$$

A partir de la ecuación (2), los factores que afectan el nivel óptimo de gastos de I+D se pueden dividir en tres términos. El primer término es el efecto de costos de la tecnología de reducción en la empresa innovadora misma (mientras más altos sean los costos, más bajo es el nivel óptimo de gastos en I+D). El segundo término es el efecto de la innovación en los ingresos por regalías recibidas de las empresas no innovadoras; mientras más altos sean los ingresos esperados por regalías, mayor es el nivel óptimo de gastos en I+D. Finalmente, el tercer término es el efecto de la innovación en el reembolso para la empresa (nota: sin ningún reembolso, la ecuación se basaría únicamente en los primeros dos términos). Como $ae_i/ak_j < 0$, el efecto del mecanismo de reembolso es reducir el nivel óptimo de la inversión en I+D en comparación con un escenario en el que no se presente ningún reembolso. Ya que es constante la participación de la producción para los cargos a la tecnología de reducción k_j , como $q_j/Q > 0$, el tercer término no desaparece. Por lo tanto, el efecto del reembolso sí presenta un impacto negativo en el nivel global de inducción a la innovación, y que sí incrementa con la creciente concentración del mercado.

El efecto para una empresa externa, que no genere una producción q , pero que innove y venda tecnología de reducción k_j a las empresas sujetas al impuesto, es significativamente distinto. Esto establecerá el precio de la innovación como el precio de reservación de la última empresa que proporcione licencias. Sin embargo, las empresas que no adopten las innovaciones se verán afectadas por la adopción de tecnología por parte de otras empresas, debido al efecto en el mecanismo de reembolso. Por lo tanto, el precio que fije el innovador para la tecnología de reducción es la diferencia entre los costos de adopción y los costos de la no adopción. En este caso, el efecto del cobro de reembolso no representa un papel significativamente negativo, suponiendo que ninguna empresa tiene un poder de mercado significativo.

Recuadro 4.4. El reembolso de impuestos y el impacto en la innovación (*continuación*)

Por lo tanto, la teoría ilumina el modo en que los mecanismos de reembolso pueden afectar los incentivos de innovación de los impuestos relacionados con el medio ambiente. Cuando el innovador es una de las empresas sujetas al impuesto, siempre se reducirá el incentivo para la innovación, aun si existen muchas empresas no cooperativas. Con una empresa externa, un mercado perfectamente competitivo sugiere que el reembolso no tiene ningún impacto discernible en los incentivos para la reducción. En el ejemplo de Suecia, ninguna empresa presentó más de 12% de la producción total, lo que sugiere que el mercado fue relativamente competitivo, sin que ningún jugador individual tuviera una posición dominante con respecto a los niveles de producción.

Fuente: OECD (2009e).

reducir su propia carga fiscal. Se tomará la decisión con base en diversos factores centrados en la rentabilidad sobre la inversión al implementarse dentro de una empresa, como el nivel del impuesto y la disponibilidad de recursos.

Las empresas también están conscientes del mercado más allá de su empresa. En el caso de las empresas contaminantes, una innovación desarrollada internamente se puede vender a otras empresas en situaciones similares. En el caso de las empresas terceras, la rentabilidad sobre la inversión proveniente de su innovación se puede obtener únicamente al otorgar la licencia de propiedad intelectual (PI) a otras empresas, ya sea a través de la licencia de PI o en la tecnología inserta en la maquinaria. En tales circunstancias, el rango de acciones cubiertas por el impuesto puede tener un impacto considerable en los incentivos para la innovación. La extensión de la base imponible depende de dos factores básicos: i) el tamaño de la jurisdicción que recauda el impuesto (o jurisdicciones, en las que el mismo contaminante se grava de modo similar); y ii) la proporción de contaminantes gravados dentro de la jurisdicción (por ejemplo, un impuesto sobre las emisiones de CO₂ versus un impuesto sobre las emisiones de CO₂ sólo de fuentes específicas).

Es crítica la escala de oportunidades, según se determina de acuerdo con la extensión de la base fiscal: mientras más amplia sea la base imponible, mayores son las oportunidades para hacer una ganancia a partir de las innovaciones, y por lo tanto mientras más alto sea el nivel de la innovación resultante de la imposición de los impuestos relacionados con el medio ambiente. Cuando la extensión del impuesto es relativamente pequeña, los incentivos para la conducta de innovación se pueden limitar debido a que existen menos oportunidades para recuperar los gastos posibles. Los formuladores de las políticas, en las jurisdicciones más pequeñas, deben además equilibrar la manera en que la extensión limitada del impuesto pueda influir la propensión de las empresas para innovar en un nivel tributario dado. Por estas razones, la cooperación entre países para la reducción de la contaminación puede proporcionar las mejores ganancias. No sólo existe una amplia gama de países que pueden actuar para reducir y enfrentar los retos ambientales globales con menos problemas de “beneficiarios gratuitos”, sino que también existe el potencial para el aumento de la innovación.

El impuesto sobre las emisiones de NO_x en Suecia, descrito en el Recuadro 3.2, se extendió progresivamente a las empresas más pequeñas en los años posteriores a su implementación. La extensión continua en el mercado ofreció más oportunidades para la conducta de innovación de las empresas emisoras y empresas externas. En el análisis sobre las patentes

de las innovaciones relacionadas en Suiza, no se encontró una relación definitiva entre el impuesto y la intensidad de las patentes (ni en la extensión de la base imponible sobre las actividades de patentes). El mercado sueco referencia a la tecnología innovadora para la reducción de NO_x, aun con más empresas potenciales como clientes, podría estar aún debajo del límite necesario para lograr una actividad innovadora más intensiva.

4.3. Administración del impuesto

Generalmente, la administración del impuesto relacionado con el medio ambiente es un procedimiento relativamente sencillo, se aplica la tarifa a la cantidad de contaminantes que se emiten (o un representante de dichos contaminantes). Esto sucede en contraste con el proceso que se lleva a cabo a través de los procedimientos normativos, en los que los administradores pueden practicar la discrecionalidad para la administración de los programas ambientales. Esta discrecionalidad puede proporcionar incertidumbre para las empresas sobre la forma final y el efecto de la medida administrada. A veces resulta de las diferentes interpretaciones de las normas por parte de los funcionarios de los distintos niveles de implementación los contaminadores, o un mayor alcance para el criterio.

Mientras este fenómeno es más fácil de aplicar a los instrumentos de mando y control, los impuestos relacionados con el medio ambiente también pueden presentar este problema. Las reglas tributarias complejas pueden crear tal discrecionalidad, aunque los impuestos relacionados con el medio ambiente suelen ser mucho menos complejos que los sistemas de impuestos sobre la renta de las personas físicas y morales. Una excepción es el caso en que el impuesto relacionado con el medio ambiente se mezcla con los acuerdos negociados. Por ejemplo, muchos países ofrecen descuentos a los impuestos sobre la energía o el carbono para las industrias de consumo energético intensivo, a cambio de acuerdos para desarrollar medidas específicas o cumplir con los objetivos acordados. Tales procesos incluyen: i) incertidumbre para el sector privado debido a los procesos negociados en relación con el rigor de las medidas y los medios para evaluar el cumplimiento; y ii) oportunidades para las reducciones del impuesto sin mucho beneficio ambiental a cambio.

La administración de los impuestos relacionados con el medio ambiente también puede desempeñar un papel único para la empresa en el sentido de que proporciona una fuente de información que de otro modo no se habría recolectado. Para las empresas es poco probable que cumplir con los requisitos del sistema fiscal corporativo proporcione información adicional sobre la salud y rentabilidad de las mismas, debido a que ya se ha recolectado la información para otros fines, y es central para el manejo de una empresa con buen funcionamiento.

Probablemente sea distinto para los impuestos relacionados con el medio ambiente, especialmente en relación con los impuestos gravados directamente sobre los contaminantes. Sin una política ambiental, existe poca motivación financiera para rastrear y contabilizar los contaminantes específicos (es probable que las empresas y las viviendas registren los impuestos sobre los representantes de la contaminación, ya que estas bases imponibles pueden tener una relevancia significativa). Por lo tanto, la aplicación del impuesto sobre la contaminación proporciona información a los contaminantes que antes se desconocía generalmente.⁷ Para algunos contaminantes, es posible que esta administración se logre a un costo significativo para la empresa (y la agencia que lleve a cabo dicha administración). Por lo tanto se suele utilizar una representación del contaminante en estas circunstancias. Se presenta una discusión más completa de las ventajas y desventajas de utilizar representaciones en la Sección 4.4.

Esta información sobre las emisiones no sólo ayuda a la administración del impuesto, también ayuda a la empresa a comprender mejor el modo en que se generan los contaminantes, especialmente cuando la formación de la contaminación no tiene una relación lineal con el uso de los insumos. La información que se puede recolectar no es tan valiosa como para que las empresas la recolecten incluso en la ausencia de una política ambiental. Sin embargo, la información analizada puede ayudar a mitigar algunos de los efectos del impuesto y ayuda a las empresas a encontrar formas económicas, tales como los cambios de conducta y la calibración de instrumentos para reducir la contaminación.

En el estudio de caso de los COV en Suiza, se requirió que las empresas guardaran registros detallados que describieran los flujos de COV y los bienes que los contienen para poder identificar de manera precisa las emisiones de COV por las que son responsables. Más aun, el estudio de caso de Suecia identificó los dispositivos de monitoreo continuo que las empresas debían instalar para rastrear las emisiones de NO_x . El costo inicial de estos dispositivos fue de EUR 30 000 a EUR 36 000, con costos de inspección y mantenimiento de alrededor de EUR 12 000 por año. Con estos dispositivos, las empresas pudieron probar nuevas combinaciones de combustible, temperatura y otras variables para determinar los efectos en las emisiones de NO_x , dado que la formación de NO_x varía de manera significativa entre las distintas fuentes, y se calcula con el uso de un rango de variables. Esta información fue crítica para que las empresas pudieran comprender la manera en que las acciones específicas y los procesos nuevos pudieran resultar en la reducción de emisiones a bajo costo.

Una nota interesante es que las innovaciones también se pueden utilizar para auxiliar en la administración fiscal. El desarrollo y la implementación de las tecnologías nuevas puede ayudar a superar algunas de las barreras ante el monitoreo de las emisiones y la administración de los impuestos sobre las fuentes distintas y difíciles de monitorear.

4.4. Instrumentos políticos basados en los impuestos

Hasta ahora, el análisis se ha enfocado fuertemente en el papel de los impuestos sobre la contaminación y las representaciones de la contaminación. Sin embargo, el sistema fiscal también se puede utilizar de maneras distintas para alcanzar los objetivos ambientales y de innovación. Este rango de medidas fiscales se puede dividir en tres categorías, como se muestra en la Gráfica 4.2.

Gráfica 4.2 Categorías de las medidas basadas en los impuestos

Combatir el mal ambiental	Inducir el bien ambiental	Inducción de la innovación
<i>Establecer un costo para las actividades</i>	<i>Proporcionar incentivos positivos para el desarrollo de acciones que auxilien en el alcance de los objetivos ambientales.</i>	<i>Proporcionar incentivos positivos para el desarrollo de actividades que aumenten la innovación (generalmente o dirigida hacia el medio ambiente).</i>
• Impuestos recaudados sobre la contaminación. • Impuestos recaudados sobre representaciones de la contaminación	• Amortización acelerada para la reducción de capital • Tasas de IVA reducidas para los bienes y las actividades menos dañinos al medio ambiente	• Medidas para reducir el costo de la innovación (como los créditos fiscales para I+D, amortización acelerada para la capital de innovación, y el aumento de deducciones en los costos laborales de I+D o impuestos reducidos sobre la mano de obra de I+D) • Medidas para aumentar la rentabilidad de las innovaciones, tal como las tasas reducidas del impuesto de sociedades y algunos tipos de ingresos

La primera categoría recoge mucho de lo que ya se ha presentado en este informe. Estas medidas asignan un precio a las actividades dañinas para el medio ambiente y por lo tanto promueven la reducción de la contaminación y la innovación, es decir, el “látigo” de la política ambiental. En la segunda categoría, los gobiernos también pueden intentar promover las acciones beneficiosas para el medio ambiente al reducir sus costos, la “zanahoria” de la política ambiental. Las medidas en esta categoría incluyen las reducciones dirigidas a la tarifa del impuesto sobre el valor agregado para algunos aparatos y la amortización acelerada de las inversiones de capital relacionado con el medio ambiente. En la tercera categoría, los gobiernos pueden utilizar el sistema tributario para promover la innovación complementaria, con medidas tales como los créditos fiscales para I+D y tarifas de impuestos de sociedades más bajas en relación con el rendimiento de la innovación. En vez de enfocarse en los aspectos punitivos de la contaminación, las últimas dos categorías están dirigidas hacia la provisión de beneficios por innovar y adoptar inversiones limpias: y por lo tanto, existen muchas características similares a las de los subsidios.

Cabe mencionar que los sistemas tributarios corporativos de los países tienen características y distorsiones pre-existentes en comparación con un sistema de marcadores. Algunas de estas características acercan a los sistemas tributarios a su óptimo, mientras que otros exacerban las distorsiones. Las medidas tributarias están diseñadas con el propósito de proporcionar una guía para los formuladores de políticas que contemplan dichas medidas sin los marcos fiscales existentes, y por lo tanto esta sección no profundiza en los problemas fundamentales de los impuestos de sociedades.

4.4.1. Impuestos sobre la contaminación

Los impuestos gravados directamente sobre la contaminación (o los programas de permisos negociables, véase el Recuadro 3.4) se consideran generalmente los instrumentos más efectivos disponibles para los formuladores de las políticas ambientales, como se detalla en el Capítulo 3. Ofrecen un incentivo para el desarrollo de actividades de reducción y para innovar en el rango completo de actividades que contribuyen a la reducción de la contaminación. Como se observó en secciones anteriores de este capítulo, estos efectos dependen altamente de los factores de diseño.

A pesar de los beneficios de este tipo de impuestos, su administración puede presentar algunas dificultades. La medición exacta de las emisiones, especialmente a partir de las fuentes móviles, como por ejemplo la transportación, puede presentar un reto significativo para los administradores. Se podrían necesitar nuevos sistemas de monitoreo y una nueva infraestructura de recaudación de impuestos. En comparación con los impuestos a las representaciones de la contaminación, donde posiblemente ya exista la infraestructura tributaria y tal vez no se requieran tecnologías para la medición (como en el caso de la gasolina, donde ya se recaudan el IVA y los impuestos especiales), los impuestos sobre la contaminación pueden representar una carga mayor para los gobiernos. Los contaminantes afectados también podrían enfrentar costos de cumplimiento adicionales, debido a la necesidad para comprar el equipo de monitoreo y contratar personal adicional para la administración del cumplimiento fiscal.

4.4.2. Impuestos sobre las representaciones de la contaminación

Los impuestos sobre las representaciones de la contaminación se recaudan usualmente sobre los bienes o actividades que generalmente resultan en una etapa posterior a la contaminación; de esta manera, incluyen una amplia gama de acciones. Los impuestos sobre el combustible de los vehículos motorizados son un ejemplo común, ya que gravan el combustible y no el contaminante que se emite durante su combustión. Aunque se sabe

bien que la combustión de los vehículos motorizados genera una gran variedad de contaminantes, un impuesto sobre el combustible sólo promueve la reducción e innovación en relación con el uso de éste, y no necesariamente de las emisiones indeseadas que resultan de su combustión. Al restringir las áreas en las que el impuesto proporciona incentivos para la reducción, sucede lo mismo para los incentivos relativos a la innovación. Por lo tanto, los avances en el diseño de motores más limpios y mecanismos de etapa final, como los convertidores catalíticos, no son opciones más atractivas bajo el impuesto no diferenciado sobre el combustible. Más aun, la correlación inicial entre el contaminante y la representación gravada tiene el potencial de descomponerse a largo plazo, ya que la innovación y el esfuerzo para la reducción se dirigen a la reducción del uso de dicha representación.

Los impuestos a los representantes de la contaminación pueden significar incentivos que resulten en mayor contaminación a corto plazo y podrían retardar los incentivos para la innovación. Por ejemplo, los impuestos relacionados con el medio ambiente en la primera compra de los vehículos motorizados se basan en el hecho de que conducir produce contaminación. El costo aumentado de los automóviles inducirá a las personas a adquirir menos vehículos (y, con base en la estructura del impuesto, optarían por vehículos menos contaminantes). Sin embargo, tal impuesto es indiferente a la cantidad de conducción vehicular que se lleva a cabo actualmente, el tipo de conducir, o (en la mayoría de los casos) el tipo de combustible que se utiliza. Por lo tanto, el impuesto vehicular ofrece un incentivo único para comprar un vehículo menos contaminante, pero después de la compra, no ofrece ningún incentivo adicional para la reducción.⁸ Incluso, después de la introducción del nuevo impuesto, los vehículos nuevos (usualmente más limpios) ahora son más caros en comparación con los automóviles usados (que normalmente contaminan mucho más). Por lo tanto, los consumidores tienen un incentivo mayor para comprar los vehículos de segunda mano o mantener los autos existentes más tiempo, aumentando potencialmente la contaminación en el corto plazo en comparación con el escenario inicial [Johnstone et al. (2001) ofrecen un estudio interesante de Costa Rica].⁹ Debido a que los vehículos más nuevos suelen incluir mejores tecnologías, como un diseño de combustión más eficiente o dispositivos de etapa final contra la contaminación, los impuestos vehiculares de pago único también pueden actuar como impuesto *de facto* a las tecnologías relacionadas con el medio ambiente.

A pesar de algunos de los obstáculos potenciales de los impuestos sobre la representación de la contaminación, en términos de la eficiencia y capacidad para inducir la innovación, la simplicidad de su administración hace más atractiva su implementación. Los impuestos sobre los representantes de la contaminación se gravan usualmente en locaciones donde sea más fácil el monitoreo y menores los puntos de recaudación (o donde ya se recaudan impuestos). En el caso de los vehículos motorizados, la instalación y verificación del monitoreo exacto de las emisiones de carbono, nitrógeno y otras emisiones, de cada tubo de escape, en combinación con la creación de un sistema de recaudación de impuestos, probablemente sería demasiado caro para efectuarse. Los impuestos sobre el combustible, por otro lado, se pueden recaudar con relativa facilidad en menos puntos en los que ya se recauden otros impuestos a los consumidores (como por ejemplo el IVA).

Además, los impuestos sobre los representantes de la contaminación pueden superar algunos obstáculos de la política ambiental, especialmente cuando el plazo es considerablemente largo. En el caso de los conductores, los impuestos sobre las emisiones pagados en el futuro, tal vez no se consideren adecuadamente para la elección al adquirir un vehículo. Los impuestos vehiculares de cobro único (que se diferencian de acuerdo con el rendimiento ambiental) pueden demostrar las distorsiones en las opciones de consumo.

Gran parte de la discusión hasta ahora ha caracterizado los impuestos relacionados con el medio ambiente (y los permisos negociables) como un instrumento económico no preceptivo. En la práctica, los impuestos se pueden construir con características preceptivas. Esto sucede más frecuentemente cuando se recaudan los impuestos sobre los representantes de la contaminación en lugar de la contaminación misma. Al igual que las tarifas de registro vehicular en diversos países de la OCDE, el sistema *bonus-malus* instituido en Francia en 2007 y 2008, por ejemplo, grava un impuesto sobre el registro de los automóviles nuevos, con base en los gramos nominales de emisiones de CO₂ por kilómetro conducido.¹⁰ Para los rangos debajo de cierto límite, se proporcionan niveles de subsidio para los compradores de vehículos más limpios. Los vehículos con emisiones más altas por kilómetro enfrentan bandas fiscales que aumentan, alcanzando EUR 2,600. Dichos impuestos pueden enviar señales más limpias a los consumidores entre distintas clases de vehículos, pero no necesariamente ofrecen incentivos para las mejoras incrementales en cuanto a las emisiones, que no resultan en ningún cambio de acuerdo con la banda fiscal en la que se coloque el vehículo.¹¹

4.4.3. Destributación por amortización acelerada para el capital de reducción

El sistema tributario global (no sólo los impuestos relacionados con el medio ambiente) puede influir el tipo y nivel de innovación. El sistema de impuestos sobre la renta de sociedades puede ofrecer incentivos diferenciales para los tipos de inversión de las empresas, cambiando así tal vez la difusión de las innovaciones existentes. Además, estas diferencias pueden alterar la demanda de las innovaciones nuevas en diversas áreas, y por lo tanto pueden promover la creación de algunos tipos de innovación preferentemente a otros.

El sistema de impuestos de sociedades se organiza de manera que los gastos empresariales autorizados se pueden deducir de los ingresos, con el fin que sólo se grava la utilidad. Los gastos para los insumos de producción que se utilicen por completo en el periodo actual se deducen inmediatamente del ingreso. Los bienes de capital son más complejos ya que la utilidad de dichos activos no se disminuye en un solo periodo, ofreciendo beneficios para la empresa a más largo plazo. Para alinear los beneficios del activo con los costos del activo a lo largo de un periodo de múltiples años, el activo se debe amortizar a lo largo de la vida útil esperada del activo con el uso esperado por año, proporcionando así las deducciones a los ingresos del año.

Si el código fiscal ofrece una destributación por amortización mayor que la tasa de amortización económica o incluso general,¹² existe un subsidio indirecto para los gastos de capital. Esto ocurre porque las empresas reciben una deducción del impuesto en un periodo de tiempo menor que el periodo actual de amortización.¹³ Como el impuesto se difiere a un periodo en el futuro, el uso de la amortización acelerada funciona de manera similar a un préstamo sin intereses. Por lo tanto, los beneficios concedidos al capital sujeto a la amortización acelerada disminuyen los costos de su adquisición, aumentando así la demanda y/o permitiendo a las empresas desviar algunos recursos para otras empresas productivas (y rentables). House y Shapiro (2008) muestran que los aumentos temporales del programa de amortización pueden inducir a las inversiones significativas en las tecnologías cubiertas por la amortización acelerada, especialmente aquellas con periodos más largos de recuperación de impuestos. Para conocer el análisis más detallado, véase el Recuadro 4.5.

Ya que las disposiciones de las amortizaciones aceleradas, establecidas específicamente para promover las acciones beneficiosas para el medio ambiente, proporcionan beneficios para las acciones “buenas”, existen similitudes claras entre éstas y los temas de los

subsidios en general. Estos incluyen la selección de las clasificaciones de activos aplicables (y por lo tanto el favorecimiento de algunos tipos de inversión para la reducción frente a otros), el subsidio de actividades que se llevarían a cabo de cualquier forma, y requerir efectivamente que los ingresos públicos se recauden de otras fuentes para compensar el efecto fiscal negativo. Además, en muchos países, el uso de la amortización acelerada para las áreas objetivo suele ser parte de una respuesta política de corto plazo.

En comparación con un sistema fiscal corporativo estándar o existente, la disposición de la amortización acelerada en los sectores dirigidos puede tener un impacto en el tipo de inversión, y sólo en nivel. Yale (2008) sugiere que las disposiciones para la amortización acelerada pueden favorecer adicionalmente los gastos de capital (que suelen corresponder a las tecnologías de etapa final) en comparación con los gastos no capitales (que normalmente corresponden a las tecnologías de producción más limpia), por lo que se distorsionan las decisiones sobre la inversión.¹⁴

Por ejemplo, una empresa de generación de energía a base de carbón está decidiendo el modo de reducir las emisiones de dióxido de azufre. Existen dos opciones: comprar e instalar un depurador que tiene una vida útil de 30 años, o cambiar del carbón alto en azufre (más barato) al carbón bajo en azufre (más caro). Asumir que los beneficios de cada opción son equivalentes bajo el sistema tributario vigente: la empresa no experimenta ninguna mejora al pagar el depurador y amortizarlo a lo largo de su vida útil de acuerdo con las tasas económicas de amortización, en comparación con cambiar a un combustible más caro e incorporar este costo adicional a la deducción fiscal anual por gastos. Con la introducción de la amortización acelerada para las tecnologías “verdes” o ecológicas, los beneficios fiscales de instalar un depurador se vuelven mayores debido a que tiene un alto costo de capital inicial en comparación con los costos continuos de operación. Esto estimula una mayor inversión y difusión en las tecnologías de etapa final, por arriba de las tecnologías de reducción y producción más limpia. Al fomentar la difusión, estas medidas ayudan a promover algunas tecnologías que ha aprobado el gobierno (European Commission 2001).

Esta medida con base fiscal es de interés, ya que un número de países han implementado la amortización acelerada como una característica de las políticas ambientales. En los Estados Unidos, Sansing y Strauss (1998) mencionaron que, para el programa de permisos negociables para SO_x , el periodo de amortización fiscal para el gasto en cuanto a la reducción de la contaminación fue de 60 meses, mucho menos que la mitad de la vida útil de este tipo de equipo. En Canadá, el capital que genera energía limpia o conserva la energía es elegible para la amortización acelerada al 50% por año con base en una reducción (Canadian Department of Finance [Departamento Canadiense de Finanzas], 2010). En los Países Bajos, el programa Vervroegde Afschrijving van Milieu-investeringen (VAMIL) ofrece tasas de amortización favorables para las tecnologías seleccionadas y aprobadas por el gobierno (Comisión Europea, 2009). En los Estados Unidos, está disponible una deducción por amortización acelerada para el reuso calificado y la propiedad reciclada, y la propiedad de planta de biocombustible celulósico calificado (United States Internal Revenue Service, 2010). Además, México ofrece una deducción por amortización de 95% en el primer año para las inversiones de capital en energía solar, eólica y geotérmica (KPMG, 2007).

España instituyó un crédito fiscal para calificar las inversiones de capital relacionadas con el medio ambiente (según se describe en el Recuadro 4.7), disminuyendo así el costo efectivo de dichas inversiones, de manera similar a la deducción por amortización acelerada. El análisis de esta iniciativa no mostró vínculos entre su introducción y las patentes en las áreas relacionadas, algunas de las cuales pudieron sufrir el hecho de que las inversiones requeridas por ley eran elegibles para dicha deducción.

Recuadro 4.5. Efectos de las desgravaciones por amortización acelerada para las inversiones respetuosas del medio ambiente

En algunos casos, los países han utilizado la desgravación por amortización acelerada como un modo de proveer incentivos adicionales para la adopción de las nuevas tecnologías ambientales que se materializan en capital, o sea, en donde la adopción requiere una nueva inversión en un activo específico.

Para ilustrar los efectos, puede ser útil considerar el resultado financiero de una empresa que aumente su inversión en una unidad en el periodo actual, seguido de una reducción similar en el periodo siguiente. En ausencia de algún impuesto, el ingreso adicional para la empresa sería financiada por los préstamos, entonces los costos adicionales serían la suma del interés y la amortización económica del activo: $r + d$. La condición de primera orden de la optimización de la ganancia F

Con la introducción de un impuesto, el ingreso adicional para la empresa sería la cantidad neta de los costos de financiamiento $(1 - r)r$, como en un sistema fiscal típico de un país de la OCDE, se pueden deducir los gastos de los intereses de la base del impuesto sobre la renta de sociedades. Como antes, la amortización económica del activo de inversión sería d . Finalmente, se supone, como un caso de referencia que la desgravación de impuestos por amortización equivaldría exactamente a la amortización económica de dicho activo, lo que significa que los costos netos de financiamiento se reducen en rd . Si juntamos estos dos elementos,

Sin embargo, esto reduce indicando que, en el caso de referencia con deducibilidad de intereses y un régimen de amortización idéntico a la amortización económica, no se presentan distorsiones en las decisiones de inversión a partir de los impuestos sobre la renta de sociedades: al margen, las empresas se enfrentan a los mismos incentivos de inversión que en el caso de la ausencia del impuesto sobre la renta de sociedades.

Ahora se pueden evaluar los efectos de un programa de desgravación por amortización acelerada para las inversiones respetuosas del medio ambiente. Para estas inversiones, el último término de la condición de primer orden se hace más grande conforme se puede deducir la amortización económica. Aunque este nivel más alto de amortización temprana se equipara con una amortización menor en periodos posteriores, la empresa que invierte todavía presentaría una ventaja en términos del valor neto presente de la reducción en las responsabilidades fiscales avanzado en el tiempo. En consecuencia, la amortización acelerada aumenta el ingreso neto y por ende el incentivo para invertir en la categoría de activos que se benefician de las desgravaciones por amortización acelerada. En el contexto de la deducibilidad completa de los intereses, la amortización acelerada para las inversiones particulares implica efectivamente un subsidio indirecto en comparación con otras inversiones sujetas al mismo sistema de impuestos sobre la renta de sociedades, pero con una desgravación fiscal por la amortización equivalente a la amortización económica.

El estudio de caso que incluyó las encuestas a empresas en el Reino Unido, como se indica en el Recuadro 4.6, examinó la relación entre la disposición de la amortización acelerada (o el “Régimen de aumento de las deducciones por capital” que proporciona 100% de los gastos contra las ganancias gravables) y el rendimiento económico y de innovación de las empresas. El uso de la disposición de amortización acelerada se correlacionó positivamente con la productividad factorial total de las empresas, lo que sugiere que las empresas que utilizan la disposición actualizaron su capital social y realizaron ganancias de productividad. Sin embargo, la disposición no tuvo un impacto estadísticamente significativo en la propensión de la empresa para la innovación (de base amplia o relacionada con el medio

Recuadro 4.6. Estudio de caso: factores de influencia en la actividad de patentes de las empresas en el Reino Unido

En un estudio que acompañó el que se describe en el Recuadro 4.1, se entrevistó a los gerentes de las empresas del Reino Unido en relación con un rango de factores utilizando una metodología de encuestas innovadora. El objetivo fue determinar el modo en que los instrumentos de política ambiental, la conducta organizacional intra-empresarial y otras presiones del mercado influyen en el rendimiento ambiental, económico e innovador de las empresas. Los datos de la entrevista se relacionaron con datos exteriores sobre el rendimiento, tamaño, uso energético de la empresa, etc.

Primero, se analizaron los factores que influyen en la intensidad energética dentro de las empresas. La presencia (relativo rigor) de los objetivos de cantidad de energía dentro de las empresas se asoció fuertemente con una intensidad energética más baja y la productividad factorial total de la empresa. Más aun, mientras más estrictas fueran las empresas con sus criterios de inversión (mientras más alta sea la tasa crítica establecida para la inversión), mayor la intensidad energética de la empresa. Finalmente, la participación en el régimen de aumento de las deducciones por capital del Reino Unido, que proporciona la consignación inmediata del costo total de las inversiones para los proyectos de ahorro de energía y de agua, se relacionó con una intensidad energética menor y mayor productividad de la empresa. Las variables relacionadas con la participación en el UE ETS y el Acuerdo sobre el Cambio Climático (CCA) no fueron significativas.

Segundo, usando un enfoque similar, se analizaron las respuestas de las encuestas en comparación con la propensión de la empresa para la innovación, según se mide por las respuestas de las empresas en su intensidad de I+D en general, además de la innovación de productos y procesos relacionada con el cambio climático.* Se encontró que la presencia de los objetivos y el nivel de las presiones de los inversionistas y los clientes se correlacionaron positivamente con una mayor propensión de I+D. La participación en el UE ETS y la amortización acelerada tuvieron un efecto bajo, debido potencialmente a los precios bajos y la impredecibilidad significativa en relación con el sistema de permisos. El rigor de la participación de CCA tampoco fue significativo, aunque esto se debió probablemente a la heterogeneidad no observada (para obtener resultados más robustos y confiables en relación con esta política, refiérase al estudio acompañante, que se describe en el Recuadro 4.2).

Por lo tanto, es interesante notar las diferencias entre los dos análisis. El Aumento de las Deducciones por Capital tuvo un impacto significativo en la reducción de la intensidad energética de las empresas, pero no tuvo ningún impacto discernible en la naturaleza innovadora de las empresas. Esto resalta el hecho de que las desgravaciones de capital por amortización inducen a la adopción y difusión de las innovaciones, pero, por sí mismas, ofrecen poco incentivo para la innovación.

* Se debe mencionar que esto contrasta con el enfoque del estudio de caso acompañante. En el informe acompañante, se efectuó un enfoque cuantitativo al analizar el número de patentes relacionadas con el cambio climático atribuibles a ciertos factores empresariales, con algunos temas que surgieron sobre la exactitud de los datos de las patentes. Este enfoque, por otro lado, se enfoca en las respuestas de los gerentes en relación con estas preguntas, que podrían ayudar a encontrar una visión más holística del potencial de innovación de la empresa, y evitar algunos de los problemas de información que se encuentran en la investigación de las patentes.

Fuente: OCDE (2,009g).

ambiente). Esto sugiere que la amortización acelerada podría proporcionar incentivos adicionales para la adopción de tecnologías preexistentes, de consumo intensivo de capital, pero no induce necesariamente a las acciones de desarrollo de los nuevos procesos y tecnologías.

4.4.4. Reducciones al impuesto sobre el valor agregado relacionadas con el medio ambiente

De modo similar a las disposiciones de la amortización acelerada, el sistema fiscal puede promover otros tipos de acciones ambientalmente beneficiosas (a través de la inversión de capital), mediante tasas reducidas de los impuestos de consumo. Diversos países han implementado las tarifas de IVA reducidas para promover el consumo de productos menos dañinos al medio ambiente, usualmente aparatos para el ahorro de energía.¹⁵ Al reducir el precio al consumidor después de impuestos, tales políticas hacen del producto uno más competitivo en comparación con los demás productos, y a vez resaltan y promueven los modelos eficientes energéticamente.

La visión general en relación con la política del IVA es que una tarifa estándar con pocas reducciones, en caso de presentarlas, es el diseño óptimo para promover la eficiencia y reducir las distorsiones en la economía (OCDE, 2009j).¹⁶ Las reducciones de la tarifa disminuyen los ingresos del gobierno (requiriendo así la nivelación de otros impuestos probablemente más distorsionadores) mientras aumentan la complejidad administrativa del sistema, para los administradores empresariales y fiscales. En muchos casos, las reducciones tarifarias se implementan para abordar los problemas de distribución percibidos, al ofrecer tarifas reducidas sobre el alimento, la energía y otros productos básicos. Sin embargo, estas reducciones benefician tanto a los ciudadanos más ricos como los más pobres, y es probable que otras formas de políticas distributivas sean más efectivas.

Las reducciones de las tarifas pueden ser efectivas para promover la adopción de las innovaciones existentes entre los clientes. En caso de los estudios sobre el mercado europeo de aparatos, la Comisión Europea (2008) sugiere que la transición de las tarifas de IVA estándar de los países a las tarifas de IVA reducidas resultaría en algunos cambios significativos en la participación del mercado. Los refrigeradores y congeladores de categoría "B" verían la disminución de las participaciones en el mercado de alrededor de veinte puntos a favor de las máquinas más ecológicas de categoría A y A+. Se predice que los cambios en los patrones de consumo de las lavadoras y lavavajillas serán un poco menores. Dentro de la existencia concurrente del UE ETS (un sistema de permisos negociables con un tope duro), ninguna reducción de las emisiones debida a esta iniciativa tendría un impacto en el efecto global de las emisiones sobre el periodo de comercialización actual.

Desde la perspectiva de la innovación, es probable que este instrumento tenga un valor limitado y los estudios previos (Copenhagen Economics, 2008; European Commission [Comisión Europea], 2008) no han podido identificar claramente los impactos en la generación de la innovación. La tasa reducida puede impulsar a las empresas a desarrollar nuevos modelos para explotar el aumento en la demanda que podría inducirse por el precio más bajo después de impuestos. En los casos en los que no se haya aceptado la reducción de impuestos, el aumento del margen de ganancia puede ser un incentivo adicional. Sin embargo, casi exclusivamente, la reducción del IVA se efectúa en categorías de productos que ya existen en el mercado, ofreciendo incentivos de escalamiento potencial de la producción existente o la transferencia de la innovación hacia otros métodos, pero sin incentivos fuertes para el desarrollo de innovaciones nuevas. Más aun, una vez que los productos han cumplido con los criterios de tarifa de IVA reducida, no existe ningún incentivo político para incrementar la eficiencia de los productos, por lo que no se ofrece ningún incentivo adicional para la creación de la innovación.

A pesar de que la tarifa reducida del IVA ofrece pocos incentivos para las medidas directas de innovación, como las patentes nuevas, la adopción de las innovaciones y los in-

crementos asociados en la manufactura, podrían producir efectos de “aprender haciendo”, tanto por el escalamiento de la producción como por la extensión de las innovaciones para ahorro energético en los modelos nuevos. Sin embargo, en algunos países, la penetración de los aparatos para el ahorro de energía ya se aproxima al 80% con la tasa estándar únicamente, dejando poco espacio para los cambios adicionales a los patrones de consumo, y creando potencialmente un problema de beneficiarios gratuitos (Copenhagen Economics, 2008). Por esta razón, también es importante la supervisión continua de los criterios de las tasas reducidas en los países en los que existen, ya que los avances tecnológicos pueden hacer inútil la ventaja de la tarifa reducida.

Sin embargo, los impactos ambientales globales de estas medidas no son positivas necesariamente, ya que existen desventajas que limitan la efectividad de este instrumento. Tales reducciones subsidian a los consumidores que habrían comprado bienes ecológicos de todas formas. Al reducir el precio del producto después de impuestos, las políticas también pueden generar un consumo adicional. Los consumidores ahora podrían gastar la misma cantidad de dinero pero comprar un aparato más grande, o ahora podrían estar tentados a entrar en el mercado y adquirir un aparato adicional (como por ejemplo comprar un refrigerador para la cocina y mover el viejo al sótano). Aumentar la eficiencia energética podría disminuir la conciencia de las personas del consumo energético de los aparatos. Aunque sea mejor el consumo energético por unidad, este efecto podría incluso aumentar el consumo energético absoluto.

Finalmente, la estructura de los impuestos sobre el valor agregado significa que tales características pueden dirigirse efectivamente a los consumidores y no a las empresas. Los impuestos sobre el valor agregado se recaudan cada vez que se transfiere un bien o servicio. Las empresas también son capaces de solicitar los créditos de todos los impuestos que ellos pagan a otros. La incidencia del IVA cae completamente en el consumo final, cuando se grava el valor agregado total (y se grava sólo una vez debido a que el reembolso de impuestos se paga en otras etapas). Por lo tanto, las tarifas reducidas del IVA sobre los insumos de la producción (como lavavajillas de ahorro energético para los restaurantes) no proporcionaría ningún incentivo adicional, ya que las empresas no pagan IVA.¹⁷

4.4.5. Medidas fiscales para la reducción del costo de la innovación

El sistema tributario también se puede utilizar para ofrecer incentivos más fuertes para la innovación, esperando que ofrezcan soluciones más novedosas y a costos más bajos para los retos ambientales, al buscar reducir los costos involucrados en el desarrollo de la innovación. Esto puede ocurrir por tres vías diferentes:

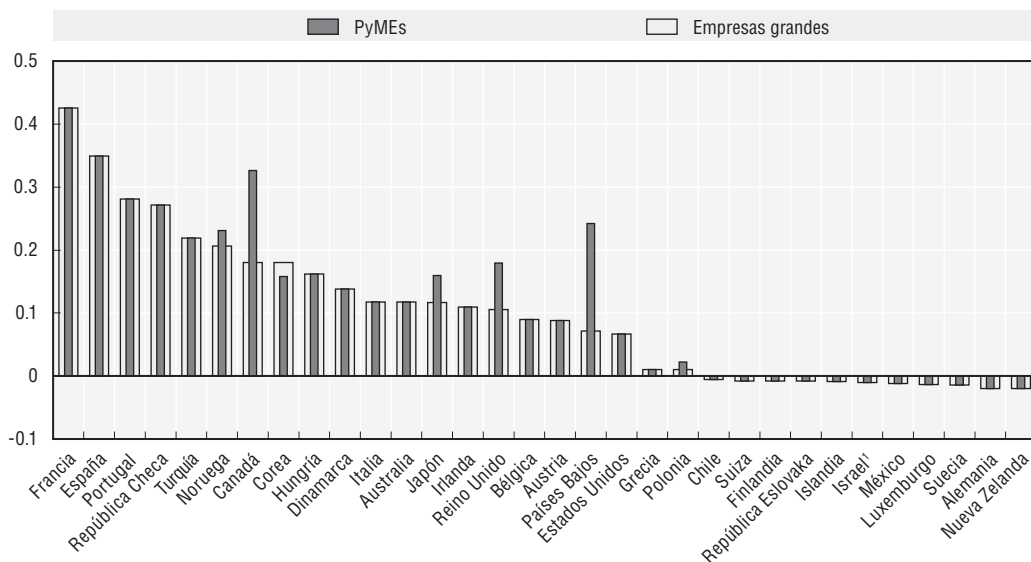
- Primero, los gobiernos pueden proporcionar destributación por amortización acelerada para el capital para la innovación, como las facilidades para las pruebas y el capital de prototipos. Estas medidas buscan ofrecer un beneficio a las empresas que adquieran capital amortizable al permitir la amortización a una tasa más rápida. Generalmente, los problemas que rodean este instrumento son similares a los que se abordan en la sección 4.4.3.
- Segundo, los gobiernos se pueden enfocar en la reducción de los costos laborales de las actividades de innovación. Esto puede ocurrir a través de la reducción de la carga fiscal laboral de los empleadores, como con el uso de deducciones aumentadas para los costos laborales de I+D o las reducciones de los impuestos sobre la nómina o las contribuciones al seguro social de los empleadores para el personal relacionado con la innovación. Estos dos enfoques generales pueden reducir los costos después de impuestos de llevar a cabo las actividades de innovación (sin importar el resulta-

do de dicha innovación), pero pueden tener efectos diferenciales en los factores de producción que se utilizan en las actividades de innovación (esto es, capital *versus* trabajo).

- Tercero, los créditos fiscales de I+D pueden disminuir los costos después de impuestos a partir de los gastos tanto de capital como laborales, al ofrecer un crédito fiscal para todos los gastos elegibles relacionados con I+D. Mientras los créditos fiscales, las desgravaciones de impuestos y las reducciones de las tarifas son acciones diferentes,¹⁸ todas contribuyen a la reducción de los costos de desarrollar la innovación, además de que los créditos fiscales de I+D se utilizan de manera considerable en la OCDE, y son más generales. El resto de esta sección se enfocará exclusivamente en este instrumento.

Los créditos fiscales de I+D incrementan en popularidad entre los gobiernos de la OCDE, con la presencia de créditos fiscales de I+D en 21 países de la OCDE en 2008, en comparación con 18 países en 2004. En algunos países estas medidas pueden ofrecer un incentivo financiero adicional significativo para desarrollar actividades de I+D, según se demuestra por las tarifas de subsidio fiscal implícitas en la Gráfica 4.3, debido a que los créditos fiscales de I+D normalmente son el instrumento de política fiscal principal que se dirige a la innovación. Las pequeñas y medianas empresas (PyME) enfrentan subsidios fiscales aún más altos en países como Canadá y Países Bajos.

Gráfica 4.3 Subvención fiscal para I+D en los países de la OCDE



Notas: Para el año 2008 el subsidio fiscal se definió como uno menos el índice-B, el valor presente del ingreso antes de impuestos necesario para cubrir el costo inicial de la inversión en I+D y pagar el impuesto sobre la renta de sociedades, de tal modo que sea rentable llevar a cabo las actividades de investigación. Cabe notar que el índice-B es tan sólo una medida del incentivo para I+D en un país, y se debe considerar al lado de otras medidas, tal como la tarifa del impuesto sobre la renta, las desgravaciones de las amortizaciones, y otros créditos fiscales y políticas de I+D en general. Para más información sobre el índice-B, véase Warda (2009).

1. La información estadística para Israel se proporcionó bajo la responsabilidad de las autoridades israelíes correspondientes. El uso de dicha información por parte de la OCDE se efectúa sin menoscabo del estatuto de los Altos del Golán, Jerusalén Oriental y los asentamientos israelíes en Cisjordania, bajo los términos de las leyes internacionales.

Fuente: OCDE (2009k).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317483>

Para los gobiernos que consideran utilizar los créditos fiscales de I+D como instrumento de la política ambiental, uno de los problemas más importantes a tomar en cuenta es que los créditos fiscales de I+D sólo ofrecen incentivos adicionales para las invenciones. Estas medidas no ofrecen incentivos adicionales para la adopción o el uso de la tecnología, ya que no existe incentivo económico para la reducción de las emisiones sin precio, solamente con una política de crédito fiscal de I+D. Esto tiene impacto significativo en los beneficios ambientales de dicha tecnología nueva (baja si la difusión es baja) pero también en las ganancias esperadas para los innovadores (también baja si la difusión es baja). Un ejemplo a considerar es la captura y el almacenamiento del carbono. Si los créditos fiscales de I+D son el instrumento político principal de los gobiernos, existirían pocos incentivos para la innovación en esta área. Aun si la innovación reduce el costo a casi cero, una empresa que emita carbono tendría poco incentivo para invertir o en adoptar esta tecnología, debido a que no existe razón para hacerlo sin la existencia de otros instrumentos políticos. Sin embargo, las tecnologías que estimulan las emisiones reducidas de carbono a través de la eficiencia energética recibirían el estímulo adicional de esta medida debido a los precios de energía pre-existentes en el mercado.

Existe poca literatura empírica sobre la eficacia de las medidas fiscales de I+D dirigidas a los resultados relacionados con el medio ambiente para la inducción de gastos de I+D adicionales. Las encuestas generales muestran que la intensidad de I+D tiene una elasticidad de precio a largo plazo alrededor de la unidad, aunque las respuestas a largo plazo son significativamente menores, y pueden haber grandes variaciones entre los distintos países (Bloom *et al.*, 2002; Hall y van Reenen, 2000). Debido a que las tasas de rentabilidad social suelen ser mucho mayores que las tasas de rentabilidad privadas, esto puede tener un alto impacto en la economía. En el análisis amplio de I+D, Guellec y van Pottelsberghe de la Potterie (2003) encontraron que los incentivos fiscales para I+D y el financiamiento directo resultan en inversiones adicionales en I+D por parte de la comunidad empresarial. Por su parte, Wu *et al.* (2007) encontraron que los incentivos fiscales diseñados para reducir el costo del desarrollo de actividades innovadoras estimulan el I+D privado. OCDE (2009a) señala que, a pesar de la tendencia entre los gobiernos miembros de alejarse de los subsidios de I+D y moverse hacia los créditos fiscales de I+D, no existe consenso sobre el hecho de que los créditos fiscales de I+D otorguen beneficios netos a los países que los ofrezcan.

En teoría, los créditos fiscales de I+D tienen muchas características interesantes. Sin embargo, en la práctica la implementación y el uso de estos instrumentos tienen algunas desventajas. Debido a que los créditos fiscales de I+D reducen las responsabilidades fiscales, el valor a la empresa puede a veces ser cero, en el periodo actual, para las empresas no rentables en este momento, si las disposiciones de traspaso de fondos o rentabilidad no están disponibles. Más aun, mientras algunos países han adoptado los créditos fiscales de I+D, muchos siguen basándose completamente en el volumen, brindando así una reducción fiscal para I+D que se proporcionaría de todas formas por parte de la empresa. Incluso cuando los gobiernos intentan proporcionar únicamente la asistencia para I+D adicional (por ejemplo, por arriba del promedio de tres años), las empresas todavía pueden alterar los programas de I+D y los ciclos económicos producen fluctuaciones naturales en el gasto en I+D.

La capacidad de respuesta de las actividades de I+D a la imposición de créditos se puede disminuir debido que el suministro de insumos innovadores (principalmente los investigadores capacitados) generalmente se considera limitado en corto plazo (Goolsbee, 1998). Debido al suministro inelástico, los incentivos del gobierno para incrementar la actividad de I+D pueden servir más para aumentar el costo de las actividades de I+D a través de los aumentos de los sueldos, en lugar del aumento real de la cantidad de I+D que se desarrolla.

Las actividades de I+D se pueden considerar relativamente móviles entre las distintas jurisdicciones. La introducción de créditos fiscales de I+D puede incrementar la actividad de innovación en una jurisdicción, pero a expensas de I+D en otra menos favorable fiscalmente. Wilson (2007), por ejemplo, encontró que los créditos fiscales de I+D aumentan significativamente la actividad de I+D dentro de un estado dado de Estados Unidos, pero dicha actividad se logra completamente a expensas de las actividades de I+D de otros estados. En el caso de las jurisdicciones preocupadas únicamente por el crecimiento económico doméstico, no es de importancia si la investigación y el desarrollo son adicionales o reasignados.¹⁹ Sin embargo, en el caso de la innovación relacionada con el medio ambiente, que tiene beneficios públicos importantes, el problema se encuentra a nivel global.

De modo similar a los problemas de la destributación acelerada de la amortización, y las tasas de IVA reducidas, se presentan problemas relacionados con la dirección del diseño de instrumentos. Los gobiernos deberán elegir las medidas aceptables para su inclusión, y la administración del impuesto puede ser difícil tanto para los gobiernos como para los contribuyentes. Las empresas también tienen un incentivo para reclasificar los gastos empresariales normales como gastos de I+D. El problema de la administración se puede ver más pronunciado para los créditos fiscales de I+D dirigidos hacia resultados específicos. Para dichas actividades de I+D dirigidas, como las de la esfera ambiental, los créditos fiscales pueden impulsar el nivel de I+D relacionado con el medio ambiente, pero esto puede llevarse a cabo a costa de I+D en otras áreas debido al efecto de expulsión.

El gobierno de España implementó dos disposiciones dentro del sistema de impuestos sobre la renta de sociedades: un crédito fiscal para investigación, desarrollo e innovación tecnológica (I+D+i) y un crédito fiscal para las inversiones elegibles en el capital ambiental, según se detalla en el Recuadro 4.7. La evaluación de la efectividad de los créditos fiscales de I+D es una tarea difícil, especialmente debido a la falta de un contrafactual (estimación de lo que sucedió con la intervención o decisión). Al analizar los impactos ambientales de los créditos fiscales de I+D+i en esta instancia, fue significativamente más alta la proporción de empresas que solicitaron crédito fiscal de inversión ambiental después de haber solicitado crédito fiscal para I+D+i, en comparación con lo contrario, lo que sugiere que el crédito fiscal para I+D+i puede resultar en las innovaciones ambientales que se implementaron subsecuentemente.

4.4.6. Medidas fiscales para incrementar las ganancias de la innovación

Además de las medidas para ayudar a reducir los costos del desarrollo de la innovación, los gobiernos también pueden utilizar el sistema fiscal con el propósito de ayudar a incrementar las ganancias para la innovación después de impuestos (OCDE 2010). Al igual que las medidas descritas anteriormente, la disposición de las características adicionales que reducen el ingreso gubernamental podría necesitar que se aumenten otros impuestos o tarifas presupuestarias que podrían incrementar las distorsiones en otras áreas de la economía.

Una de estas características para estimular la innovación a través del sistema de impuestos sobre la renta de sociedades es exentar de la tributación (u ofrecer tarifas reducidas) de las ganancias para la innovación, tal como los flujos de ingreso por regalías de la propiedad intelectual (PI). En Irlanda esto se lleva a cabo al exentar el ingreso de las patentes de la base de impuestos de sociedades. De la misma manera, los países también pueden reducir la carga fiscal que existe sobre la transferencia de PI al reducir impuesto de ganancia sobre el capital de las ventas de PI, como en el caso de Francia y Grecia. Ambos enfoques se enfocan en la PI que se genera en una empresa y luego se transfiere a otras.

Recuadro 4.7. Estudio de caso: Créditos fiscales relacionados con el medio ambiente en España

El sistema de impuestos sobre la renta de sociedades en España contiene dos disposiciones notables: i) un crédito fiscal para los gastos elegibles para la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica (I+D+i), de corriente y capital (con una tasa mayor para las inversiones superiores al promedio de los dos años anteriores); y ii) un crédito fiscal para las inversiones elegibles (IE) dirigidas hacia la reducción de la contaminación del aire y el agua, además de los desechos industriales. El crédito fiscal de IE se puede utilizar para una amplia gama de inversiones, incluyendo aquellas para el cumplimiento de los requerimientos normativos. Se llevó a cabo un análisis para analizar los impactos ambientales del crédito fiscal para I+D+i y los impactos en la innovación del crédito fiscal de IE.

Primero, al evaluar los impactos ambientales del crédito fiscal de I+D+i, se encontró que el porcentaje de empresas que declararon un crédito fiscal de IE durante el ejercicio (o dos), después de reclamar el crédito fiscal para I+D+i, fue sistemáticamente mayor que la proporción de empresas que reclamaron un crédito fiscal para I+D+i durante el ejercicio después de reclamar un crédito fiscal para IE. Esto sugiere que el crédito fiscal para I+D+i pudo haber tenido un efecto positivo en las inversiones ambientales (y la innovación potencialmente ambiental, conforme las empresas buscan implementar los frutos de sus esfuerzos en I+D), en comparación con el escenario inverso, como se muestra en la tabla a continuación.

Crédito fiscal para IE después del crédito fiscal para I+D+i

Use of R&D&I tax credit		Companies with EI tax credit			Million of euros claimed through EI tax credit		
2000	2003	2001 or 2002	2004 or 2005	% change	2001 or 2002	2004 or 2005	% change
Yes	No	192	136	-29.2	4.8	3.8	-20.3
No	Yes	338	395	16.9	18.6	26.7	43.7

<http://dx.dof.org/10.1787/888932318053>

Segundo, al evaluar los impactos en la innovación del crédito fiscal para IE, se encontró muy poca evidencia de apoyo. No parece haber ningún aumento en las patentes relevantes a partir de la introducción del crédito fiscal. Además, las medidas que apoyan los procesos de producción más limpia suelen conducir más a la innovación que las tecnologías de etapa final. Sin embargo, de las medidas apoyadas por el impuesto fiscal para IE, 68% correspondieron a tecnologías de etapa final, y el restante a las tecnologías de producción más limpia. Esta proporción es significativamente más alta que las inversiones ambientales globales en las empresas españolas, lo que sugiere que el crédito fiscal desempeñó un papel importante en la influencia sobre el tipo de tecnología, pero no necesariamente en su capacidad de innovación.

Por lo tanto, este estudio sugiere que el crédito fiscal para I+D+i puede impulsar más inversiones en el medio ambiente. Aun así, existe poca evidencia de que el crédito fiscal para IE impulse el comportamiento innovador. Al ofrecer créditos fiscales para las acciones necesarias para cumplir con los estándares reglamentarios existentes, no sólo subsidian los gobiernos la reducción de contaminación, sino que el alcance para la innovación está limitada también, en comparación con un crédito fiscal enfocado en las actividades de reducción más allá de los requisitos, y por lo tanto motivadas más por el ahorro de costos. Sin embargo, los resultados a partir de este estudio de caso están un poco limitados, ya que no se pudieron evaluar los impactos adicionales al medio ambiente, debidos al crédito fiscal para I+D+i.

Fuente: OCDE (2008).

Al adoptar un enfoque más amplio, los gobiernos pueden incrementar las ganancias después de impuestos a partir de la innovación, al ofrecer tasas reducidas sobre las ganancias de la innovación, incluyendo la PI que se desarrolle y utilice dentro de la misma empresa. El llamado “Innovation Box” en los Países Bajos (que reemplazó el programa de “Patent Box” en el 2010) busca hacer esto. Las ganancias de la PI (para la cual se haya otorgado una patente o calificación especial de I+D) están sujetas a la tasa de impuesto de sociedades de 5%, en vez de la tarifa general de 25.5% (bajo la cual se pueden hacer aún algunas deducciones). Los ingresos o ganancias pueden incluir los pagos de regalías, ganancias de capital sobre la venta y los ingresos internos a partir del uso de la innovación. Por supuesto, una tasa de impuestos de sociedades, aplicada generalmente a todas las empresas, y para todos los tipos de actividades, también incrementa las ganancias de la innovación después de impuestos, junto con todos los demás componentes de la empresa.

Puede variar el modo en que las medidas afectan la innovación y la adopción de los incentivos. Las medidas fiscales mencionadas en esta sección se suelen aplicar para todos los tipos de innovación. Estas medidas generalmente no se especifican de acuerdo con el tipo de resultado, y hacerlo podría agregar una complejidad significativa a los sistemas administrativos existentes. Debido también a que hay pocos ejemplos en los que se llevan a cabo tales prácticas, y al hecho de que pueden ser diversos los efectos de estas medidas en la innovación y la difusión (tanto por las medidas como por el modo en que reaccionan las empresas), estas medidas no se discuten más a fondo en la Sección 4.5.

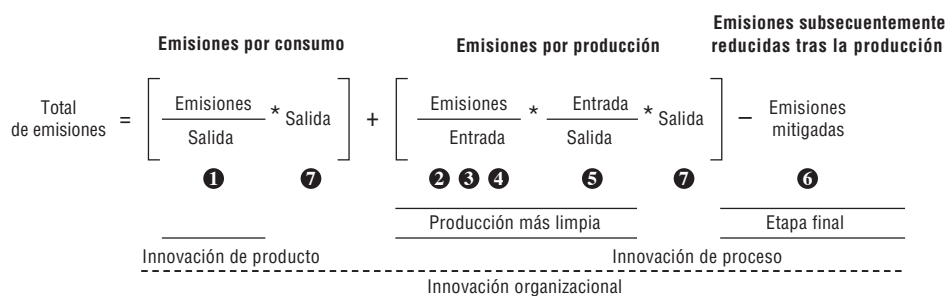
Como se mencionó al principio de esta sección, podrían presentarse características estructurales en los sistemas fiscales de sociedades de los distintos países que generen incentivos adversos para algunos tipos de actividades de innovación (OCDE, 2010). Por ejemplo, en muchos países, el costo de la propiedad intelectual auto desarrollada se puede gastar inmediatamente por lo general, y se puede beneficiar de los prebendas fiscales adicionales. La misma PI adquirida fuera de la empresa generalmente se capitaliza y amortiza a lo largo del tiempo, creando así un diferencial entre el auto-desarrollo y la adquisición. Más aun, la naturaleza móvil de la PI puede implicar que las actividades de planeación pueden proteger dicho ingreso de los impuestos domésticos. Estos problemas fundamentales de los sistemas de impuestos de sociedades están más allá del alcance del presente trabajo.

4.5. Selección del instrumento tributario

La selección del instrumento fiscal relacionado con el medio ambiente puede tener un gran impacto en los resultados de la innovación (y el medio ambiente), como se puede observar en la discusión anterior. Los distintos instrumentos fiscales ofrecen niveles diferentes de incentivos tanto para la invención como la adopción de la innovación. La siguiente estructura intentará comparar los impactos en la innovación relacionados con los distintos instrumentos. Si uno toma una empresa que emite contaminantes (y vende productos que pueden contaminar), sus emisiones totales se pueden considerar como compuestas de los siguientes factores (véase gráfica 4.4).

Existen tres factores que determinan sus emisiones directas e indirectas: el nivel de contaminación de sus productos cuando se utilizan, el nivel de contaminación de la empresa misma al producir sus productos, y el nivel de esfuerzo de la empresa para anular las emisiones de su producción después de que se ha creado la contaminación. La Gráfica 4.4 también resalta, bajo la ecuación, los distintos tipos de innovaciones que se pueden utilizar para reducir las emisiones de cada componente. Los números representan acciones específicas que se pueden desarrollar para reducir las emisiones, y se describen a continuación:

Gráfica 4.4 Determinantes de las emisiones y alcance para la innovación



- ❶ Crear productos nuevos que generen menos emisiones cuando los consumidores los utilicen. Por ejemplo, las empresas podrían ofrecer aparatos de mayor eficiencia energética a sus consumidores para reducir las emisiones de carbono, o pinturas con un alto contenido sólido que liberen menos COV a la atmósfera.
- ❷ Usar insumos con una producción menos intensiva de emisiones (del mismo tipo). Por ejemplo, una empresa de generación eléctrica podría cambiar del carbón alto en azufre al carbón bajo en azufre.
- ❸ Usar insumos con una producción menos intensiva de emisiones (de tipo diferente). La misma empresa de generación eléctrica podría generar la energía eléctrica a partir de gas natural en vez de carbón, un cambio que probablemente requiera modificaciones estructurales adicionales del capital social.
- ❹ Reducir la intensidad de contaminación por unidad de insumo (sin modificar los insumos). Por ejemplo, la misma planta podría optimizar su equipo para reducir las emisiones de NO_x por unidad de combustible (que permanece igual), pero sin impactar el uso global de combustible por kWh. Un ejemplo relacionado con los automóviles sería los sistemas de diagnóstico a bordo.
- ❺ Reducir el uso de insumos por unidad de producción. Por ejemplo, una empresa de generación eléctrica podría aumentar la eficiencia general del uso de combustible de la planta sin afectar la cantidad de emisiones de NO_x por kWh a través del aislamiento para minimizar la pérdida de calor. Esto ocurre a través del uso reducido de combustible por kWh utilizable, y no la reducción de emisiones por unidad de combustible.
- ❻ Finalmente, llevar a cabo las medidas de etapa final/correctivas. Por ejemplo, una productora de aluminio podría reducir las emisiones de CO₂ usando la captura y el almacenamiento de carbono para evitar que las emisiones entren en la atmósfera, aun si éstas ya se crearon.
- ❶-❷ La innovación organizacional no se puede relacionar exclusivamente con un área en la ecuación anterior, ya que en general afectan la orientación de la empresa. Como tal, tienden a actuar como complemento a otros tipos de innovación dentro de las empresas.
- ❷ Por supuesto, la empresa (y el consumidor) podría simplemente producir (y consumir) menos.

Cada una de estas alternativas es un modo en que se pueden reducir los niveles de las emisiones en la economía. La selección del instrumento de política ambiental tiene una influencia directa en las acciones que se promuevan. La Tabla 4.1 describe cada una de las medidas fiscales principales y la Fortaleza del incentivo de la creación y adopción de la

Tabla 4.1. Incentivos para la innovación de acuerdo con el instrumento tributario

	Propensión a la invención	Propensión a la adopción
	① ② ③ ④ ⑤ ⑥	① ② ③ ④ ⑤ ⑥
Impuestos en contaminación		
Impuestos sobre las representaciones de la contaminación	① ② ④ ⑤	① ② ④ ⑤
Desgravaciones por amortización acelerada	③ ⑤	③ ⑤
Créditos fiscales ara I+D	① ③ ⑤	① ③ ⑤
Deducciones en la tasa del IVA	①	①

Notas: Los números blancos sobre fondo negro indican un fuerte efecto de inducción; los números negros sobre fondo blanco indican un débil efecto de inducción; la ausencia de número indica que no se presenta efecto de inducción. Se señala que para los impuestos sobre la representación de la contaminación, 2 está en negro con base en la premisa de que los impuestos sobre los insumos se pueden diferenciar con base en las características físicas del insumo. Se supone que las acciones uno y dos no son intensivas en cuanto al capital. Más aun, se supone que las innovaciones no se necesitan adoptar (o sea que se utilizan según su existencia). Finalmente, para las deducciones a los impuestos sobre el consumo, se supone que la acción 5 se estimula efectivamente a través de la incorporación de esta tecnología (como las innovaciones en materia de la eficiencia energética) en los productos nuevos.

innovación, que se presenta para cada posibilidad de reducción de emisiones. En la tabla se supone que cada instrumento se implementa aisladamente por parte de los gobiernos.

En la tabla anterior se observa claramente que algunos instrumentos promueven una gama más amplia de acciones que otras (y por lo tanto promueven mayores incentivos para la innovación). Los impuestos sobre la contaminación ofrecen incentivos para las seis medidas potenciales de reducción, ya que la recaudación de impuestos directamente sobre el contaminante no excluye ningún potencial de reducción y ofrece el rango más amplio de incentivos para la invención y el cambio tecnológico. Conforme la incidencia del impuesto se aleja del contaminante actual, se disminuye el rango de medidas de reducción potenciales. Los impuestos sobre los representantes de la contaminación ofrecen prácticamente los mismos incentivos, excepto en los casos en que las acciones para la reducción estén desconectadas del uso de los insumos. Por lo tanto, los impuestos sobre los representantes de la contaminación no tienen ningún impacto en las acciones cuatro a seis, de acuerdo con los resultados de que los impuestos sobre la contaminación promueven una mayor reducción de etapa final, en relación con los impuestos sobre los representantes de la contaminación.

La destributación por amortización acelerada promueve una mayor inversión en el capital físico. Un instrumento como éste no afecta las medidas de mitigación que normalmente no representan un uso intensivo de capital, como las acciones uno, dos y cuatro. Incluso para las medidas intensivas en el uso de capital, la destributación por amortización acelerada, como el único instrumento político, no ofrece incentivos para la reducción, a menos que sea a través de una racionalización mayor de los demás insumos (como el combustible), que tienen un precio positivo en el mercado. Por esta razón, la acción seis no recibe el estímulo de este instrumento.

De modo similar, los créditos fiscales de I+D generalmente disponibles o dirigidos al medio ambiente, por sí mismos, no pueden proporcionar incentivos para la mitigación, a menos que éstos ayuden a reducir el costo de los procesos existentes o crear productos nuevos (sin un precio sobre el carbono, la investigación y el desarrollo que, por ejemplo, reduzcan significativamente el costo de la captura y el almacenamiento de carbono, aún no tendrían una justificación económica para su adopción). Como tal, sólo las acciones uno, tres y cinco reciben estímulo para la invención y la adopción. Asumir que la invención se puede utilizar según su existencia (lo que significa que no se requiere ningún gasto en I+D

por adaptaciones entre las empresas), el crédito fiscal de I+D no ofrece ningún incentivo adicional para la adopción de la innovación una vez que se haya creado, a menos que dicho I+D esté dirigido al uso de algún elemento que tenga un precio preexistente en el mercado.

Finalmente, las reducciones a los impuestos sobre el valor agregado para las adquisiciones ecológicas ofrecen incentivos directos para que los consumidores adopten innovaciones nuevas, ya que resultaron en reducciones de precios directas e identificables, *versus* los bienes y servicios sin reducciones. Son menos fuertes los incentivos para que las empresas inviertan en las actividades de innovación, ya que la empresa no recibe ningún beneficio directo de la reducción al impuesto sobre el consumo (aunque se beneficiará del aumento en la demanda y podría aumentar los precios de manera significativa) y estas medidas suelen ser temporales. Incluso, tales reducciones a las tarifas se suelen basar en un estándar, como el programa EnergyStar, y una vez que se alcance el estándar, no existe ningún incentivo para hacer más inversiones.

4.6. La creación de un paquete de políticas: combinaciones de instrumentos ambientales y de innovación

Antes de que los gobiernos decidan cómo actuar en esta área, es importante considerar las características preexistentes de los sistemas fiscales y de innovación de una jurisdicción. Estas características pueden ejercer de antemano una influencia poderosa en los objetivos deseados en el medio ambiente y la innovación. Desde el punto de vista ambiental, por ejemplo, la continua preferencia fiscal hacia la producción de combustibles fósiles o el establecimiento de precios inferiores de las regalías de la fuente pueden tener una influencia importante en la definición de los esfuerzos ambientales concurrentes. Por otro lado, desde la perspectiva de la innovación, un sistema fiscal que tiene reglas restrictivas al respecto de las pérdidas fiscales o los créditos fiscales móviles a través del tiempo, pueden disuadir potencialmente el desarrollo de la innovación muy riesgosa (y por lo tanto potencialmente muy redituable) en el campo del medio ambiente. Visto así, es crítico que estas características se comprendan plenamente antes de que los gobiernos intenten más acciones para abordar cuestiones adicionales.

Una vez que se hayan considerado diversas estructuras preexistentes, los gobiernos deben decidir el modo de avanzar. Varios estudios han demostrado que los instrumentos con base en el mercado son inmensamente superiores a los enfoques de mando y control (Downing y White, 1986; Milliman y Prince, 1989). La teoría sugiere que mientras más flexible y menos prescriptivo que sea el instrumento, existe más lugar para que las empresas encuentren el modo de reducción a menor costo.²⁰

El trabajo más reciente ha buscado categorizar de manera empírica los diversos instrumentos disponibles a los gobiernos en términos de la eficiencia económica y la inducción a la innovación. Con el ejemplo específico del sector eléctrico de Estados Unidos y la mitigación del cambio climático, Fischer y Newell (2008) presentan una categorización de los instrumentos que sean más capaces de cumplir con ambos criterios: 1) cargo/impuesto sobre las emisiones; 2) estándar de rendimiento de las emisiones; 3) impuesto sobre los combustibles fósiles; 4) requerimiento de acciones para la energía renovable; 5) subsidio para la energía renovable; y 6) subsidio para la investigación y el desarrollo.

En la práctica, las políticas ambientales de muchos países conllevan una amplia gama de herramientas diferentes; *Instrument Mixes for Environmental Policy*, OCDE (2007) resalta algunos ejemplos. La posibilidad de que se necesiten instrumentos múltiples, y el modo en el que éstos interactúan, pueden ser factores críticos en la evaluación del rendi-

miento ambiental y de innovación global de la política. Sin embargo, sólo en algunos casos se podría lograr que un único instrumento alcance el nivel óptimo de reducción de emisiones de la manera más eficiente posible. La complejidad de los mercados y los diversos problemas políticos sugieren que una mezcla de instrumentos, coordinada para trabajar en conjunto para enfrentar las brechas de cada uno, puede ser el mejor modo de lograr un cumplimiento económico global que alcanzaría el óptimo social a un costo considerablemente menor. Por ejemplo, una campaña de información sobre la eficiencia energética de los aparatos podría reforzar un impuesto sobre el carbono. Las normas podrían ayudar a responder a los problemas de la contaminación en los que el daño no presente una uniformidad geográfica. Sin embargo, cuando se presentan estas mezclas, deben ofrecer la mayor flexibilidad para alcanzar el resultado deseado, y al mismo tiempo minimizar que se encimen los instrumentos similares (como el impuesto sobre el carbono y un sistema de permisos negociables sobre las mismas actividades) ²¹ (OCDE, 2007).

Al recopilar toda esta información, aún existen preguntas: ¿qué deben hacer los gobiernos para asegurar que se aborden los retos ambientales con el costo más bajo posible?

Una opción es que los gobiernos utilicen los impuestos únicamente para las actividades dañinas al medio ambiente. Los impuestos relacionados con el medio ambiente corrigen las externalidades negativas y responden a la sobreproducción de la contaminación. Mientras existen aún problemas de implementación, economía política y demás, que podrían sugerir que los impuestos no alcanzan el resultado deseado por sí mismos, sí tienen un fuerte impacto en la efectividad ambiental a bajo costo. Debido a que le asignan un precio a la contaminación, también estimulan la innovación en los nuevos medios para la reducción de las actividades dañinas al medio ambiente, si se diseñan adecuadamente. Estas fuerzas sólo aumentan el ingreso sobre la creación y adopción de la innovación en un nivel congruente con los incentivos para los otros bienes del mercado; no superan, ni siquiera abordan directamente, los problemas específicos que se enfrentan a las externalidades de la innovación. Permanece el fracaso del mercado de la innovación.

Una segunda opción es la utilización únicamente de otros instrumentos con base fiscal, como la redistribución por amortización acelerada o las tarifas reducidas del IVA. Estas medidas ofrecen incentivos para la adopción de innovaciones existentes donde tal vez no se transfieran los incentivos para el desarrollo de innovaciones nuevas, debido a que éstas suelen ser medidas políticas de corto plazo. Sin embargo, estas herramientas suelen seleccionar sólo algunos tipos de actividad de reducción para otorgar algún estímulo, dejando así significativas áreas de daño ambiental sin afectar. Enfrentan muchos de los mismos problemas para los formuladores de las políticas como en el diseño del subsidio: promover el consumo, violando así el principio de que el que contamina paga, y requiriendo una intervención gubernamental, en la cual se estimulen los tipos de reducción. Debido a esto, los gobiernos deben tener cuidado al utilizar las concesiones fiscales como herramienta para la política ambiental.

Una tercera opción sería que los gobiernos utilicen únicamente un sistema fiscal para promover la innovación como medio para enfrentar los retos ambientales. Al hacer esto, la intención es promover el desarrollo de tecnologías que se podrán adoptar ampliamente después. Los créditos fiscales de I+D reducen el costo después de impuestos del desarrollo de dichas actividades, y por lo tanto puede ampliar el rango de innovaciones y tecnologías disponibles, además de reducir sus costos. La desventaja de utilizar una política exclusivamente de innovación es que para muchas innovaciones ambientales, las políticas de impuestos de I+D ofrecen poco o ningún incentivo para la adopción de las innovaciones

resultantes, debido a que, de entrada, llevar a cabo la actividad dañina al medio ambiente no tiene ningún costo. Más todavía, la política ambiental enfocada únicamente a los instrumentos de I+D terminará rápidamente, y se presentarán las actividades de reducción a bajo costo a favor de las tecnologías en el horizonte. Este retraso aumenta significativamente el costo de alcanzar un resultado ambiental establecido, ya que se necesitará una reducción mucho más costosa en el futuro (Duval, 2008).

Además, se debe considerar el grado de beneficio público *versus* el beneficio privado de la innovación. Mientras más altos sean los beneficios privados (donde las tasas de rentabilidad privada se aproximan más a las tasas de rentabilidad social) de la innovación potencial, menos vastas serán las externalidades positivas. Los innovadores son más capaces de obtener las ganancias, y son menores los efectos que se transfieren a la sociedad. Esto sugiere que existe un papel más importante para los gobiernos al responder a las prioridades de la innovación que tienen ingresos sociales altos, pero ingresos privados bajos. La innovación básica generalmente es deficiente, debido a los largos plazos, la incertidumbre considerable y los resultados finales menos tangibles. Estas características disminuyen la voluntad por parte de la industria privada de comprometerse, aunque puedan ser altamente útiles y sean el principal motor detrás de las tecnologías de ruptura (véase la Sección 3.3 sobre los beneficios de las tecnologías de ruptura en relación con los costos de las acciones ambientales). Popp (2006a) encontró que las patentes derivadas del I+D gubernamental básico se citan más frecuentemente en los registros de patentes que en las patentes privadas, y que las emisiones de estas patentes gubernamentales se citaron 30% más posteriormente, resaltando la importancia de I+D básico para llenar una brecha de conocimiento importante, además de facilitar la transferencia de conocimientos. Los créditos fiscales de I+D tal vez no produzcan suficiente I+D básico, necesario para el desarrollo óptimo de las políticas ambientales.

Recalcando estos puntos, Popp (2006b) encontró que depender únicamente de los impuestos o esfuerzos de I+D, no es suficiente para responder al problema del cambio climático. Los subsidios para I+D fueron más efectivos en la inducción de gastos de I+D que la introducción del impuesto sobre el carbono establecido en una tasa socialmente óptima. Sin embargo, por las razones mencionadas anteriormente, los subsidios para I+D por sí mismos no generan beneficios ambientales significativos en el escenario de los “negocios más usuales”; y las emisiones (y la temperatura atmosférica resultante) siguen aumentando de manera significativa. Combinar el subsidio de I+D con un impuesto óptimo sobre el carbono, ofrece mayores gastos de I+D que los subsidios de I+D únicamente, y considerablemente mayores que el impuesto óptimo sobre el carbono únicamente, según se indica en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Los efectos de bienestar de los impuestos y los subsidios de I+D

	% de aumento del gasto en I+D para la eficiencia energética	% de aumento del gasto en la tecnología de respaldo	% de ganancia máxima en el bienestar
Impuestos óptimos y subsidio óptimo de I+D	13.7	24.7	100
Impuesto óptimo únicamente	1.2	7.6	95
Subsidios de I+D óptimos únicamente	10.3	13.5	11

Notas: En las primeras dos columnas, se proyecta el incremento del gasto en I+D para el 2025, en comparación con el escenario de “negocios más usuales”. Aquí la tecnología de respaldo se refiere a los recursos energéticos sin carbono.

Fuente: Popp (2006b).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318091>

Sin embargo, los mismos instrumentos que generan grandes aumentos en el gasto de I+D, no se traducen necesariamente en una ganancia de bienestar del mismo nivel para la economía. En el modelo, la imposición de una política exclusiva de I+D tendría poco efecto relativo en el bienestar de la economía, en comparación con un impuesto sobre el carbono, lo que a su vez es casi idéntico a la combinación de un impuesto óptimo sobre el carbono y una política de subsidio de I+D, congruentemente con Popp (2006c). Adicionalmente, los modelos desarrollados por la OCDE sugieren que una política de I+D únicamente en materia del cambio climático, no sería capaz, a ningún nivel plausible, de estabilizar la concentración de CO₂ en la atmósfera (OCDE, 2009c).

Debido a que es poco probable que las políticas ambientales y de innovación utilizadas individualmente generen un resultado óptimo para la sociedad, se necesitará la combinación de instrumentos. En el nivel más simple, la presencia de dos fracasos de mercado, separados pero relacionados, en relación con la innovación en el área del medio ambiente sugiere instrumentos que se dirijan a cada uno. Para abordar la externalidad ambiental, los impuestos gravados directamente al contaminante pueden ser bastante efectivos. Se podrían necesitar otros instrumentos ambientales en los casos en los que los impuestos no sean efectivos, pero se requiere cuidado para asegurar que no se presenten superposiciones o que los incentivos distintos no subestimen la efectividad política global.

El tema ahora se torna a las políticas óptimas para la innovación en presencia de los impuestos. Muchos países tienen políticas de innovación generales que se utilizan para apoyar los niveles más altos de las actividades de innovación y superar los problemas únicos que se presentan en el desarrollo de la innovación. Además de las protecciones legales, se utilizan los créditos fiscales de I+D, subsidios para I+D e inversiones más amplias en la educación y la infraestructura. En esta publicación no se puede profundizar en la duda de si las políticas de innovación globales son adecuadas o abordan correctamente los distintos problemas que perjudican el nivel óptimo de innovación. Sin embargo, si la innovación ambiental es similar a otros tipos de innovación, y los países tienen las medidas adecuadas, entonces la combinación de impuestos y las políticas generales de innovación deberían dirigirse correctamente a ambas externalidades. Probablemente no se requiera ninguna intervención adicional por parte del gobierno.

Sin embargo, permanece la pregunta importante, es decir, si la innovación ambiental es similar a los otros tipos de innovación o no. En caso negativo, se podría necesitar un grado de acción diferencial por parte del gobierno. Jaffe *et al.* (1995) sugieren que el medio ambiente presenta retos únicos para la innovación y que se requiere la acción adicional (y dirigida) más allá de las políticas de innovación. Si son bajos los costos sociales del daño ambiental en el periodo actual, pero se espera que incrementen de manera significativa, esto podría marcar la importancia de comenzar las actividades de I+D en este momento (antes de que el mercado lo suministre, aun con las herramientas de la innovación estándar, y los impuestos relacionados con el medio ambiente). Debido a su naturaleza dinámica, innovar ahora, y modificar el camino de la innovación, puede resultar en costos más bajos en el futuro.

Además, la innovación desarrollada con los impuestos y los créditos fiscales de I+D suelen ser de naturaleza incremental. En el caso de algunos problemas ambientales, como la materia de partículas en las áreas urbanas, los efectos son manejables (aunque no sean deseables), y no son aparentes los puntos de desequilibrio (los puntos en los que el problema se vuelve irreversible). La innovación incremental ofrece un enfoque adecuado para hacer frente a estos temas. En otros casos, como el cambio climático, existen metas significativas e identificables que se tienen que alcanzar para evitar problemas

ambientales de gran escala. A lo largo de los siguientes 40 a 50 años, es necesaria la descarbonización significativa de las economías. Para evitar costos considerablemente altos, se requieren las tecnologías de ruptura (como las fuentes de energía sin carbono a gran escala). La innovación incremental (como el aumento de la eficiencia energética) simplemente no será suficiente para alcanzar las metas ambientales al menor costo para el crecimiento global. Los incentivos que proporcionan los impuestos y los créditos de I+D promueven dicha innovación incremental, pero tal vez no sean suficiente para superar todos los obstáculos ante la producción óptima de innovación: barreras para el financiamiento, incertidumbre, apropiación significativa de la investigación básica, plazos excesivamente largos y otros.

Ya que algunas de las características de la innovación ambiental pueden diferir de otros tipos de innovación, la dependencia en los impuestos relacionados con el medio ambiente y los créditos fiscales de I+D generales (y otras características de las políticas de innovación) podrían ser insuficientes. Sería poco probable que ofrecer créditos fiscales adicionales para I+D dirigidos hacia los tipos de resultados ambientales específicos, responda al hecho de que las medidas tal vez no estimulen la innovación básica en las tecnologías de ruptura. Por este motivo, los esfuerzos dirigidos hacia la innovación en áreas específicas, como los subsidios para I+D, pueden conllevar costos administrativos más altos y se pueden enfocar en los esfuerzos de I+D en las áreas necesitadas, ofreciendo así el apoyo directo a los proyectos de mayor valor. Estos proyectos se deberían encontrar en el nivel básico de la investigación, y promover las acciones que sea poco probable que otros actores de la economía lleven a cabo. Las necesidades diferenciales de la innovación ambiental se pueden abordar al dirigir la innovación fundamental, pero inspirada en el uso, y éstas pueden resultar en innovaciones adicionales en un nivel más utilizable para la reducción de las emisiones. Estas acciones probablemente estén fuera del sistema fiscal, y por lo tanto, fuera del alcance de esta publicación.

Al llevar a cabo los enfoques más dirigidos que lo básico, la innovación ambiental no presenta la solución total. Un tema es que la innovación no se presenta en grupos de manera tan clara como para que los gobiernos simplemente dirijan los recursos a un distinto nivel del grupo para dirigirse a una etapa de innovación diferente dentro del mismo campo. La innovación está basada en la red, es dinámica y recurre a las creaciones de un rango de campos distintos. Especialmente en el nivel básico, podría ser difícil determinar lo que está relacionado con el medio ambiente. Incluso, los otros “instrumentos” también son de vital importancia para lograr una cultura de innovación vibrante: un sistema de patentes robusto, un marco legal sólido, la administración eficiente de los impuestos, y una sociedad que promueva y sea receptiva a las innovaciones, entre otros.

4.7. Conclusiones

Establecer simplemente un impuesto relacionado con el medio ambiente no garantiza el éxito; la visibilidad del impuesto y el modo en que se implemente afectan crucialmente el resultado. Uno de los resultados menos sorprendentes es que mientras más alto sea el nivel del impuesto, mayores serán los incentivos para la innovación. En el Reino Unido se correlacionaron las tasas más bajas de impuestos sobre la energía con tasas de innovación más bajas. Ampliar la extensión del impuesto también incrementa los incentivos para la innovación, al igual que el mercado potencial para la innovación (la venta a otros consumidores/empresas) se expande de manera importante. Esto es verdad especialmente para los innovadores terceros. Incluso, el anuncio del impuesto puede tener impactos sobre la innovación.

La previsibilidad de la tasa y la credibilidad global de la política desempeñan un papel importante. Sin estas características, son mucho menos probables las inversiones con ganancias a largo plazo (como el capital nuevo o en I+D). El cargo sobre las emisiones de SO_x en Japón ofrece un ejemplo revelador sobre el efecto de la incertidumbre del programa en cuanto a los esfuerzos de innovación de la empresa a largo plazo. Las consideraciones de la economía política también pueden tener un fuerte impacto en la innovación, especialmente las que se dirigen a los efectos potenciales en las empresas altamente contaminantes. El reciclaje de ingresos es una herramienta que se utiliza en un número de circunstancias para mantener el incentivo de innovación/reducción marginal y al mismo tiempo minimizar el efecto actual sobre la rentabilidad y competitividad de la empresa vis-à-vis de las industrias menos contaminantes. Tales mecanismos pueden tener efectos negativos pequeños en la innovación de la empresa, pero incentivos negativos grandes para la innovación a nivel colectivo. El cargo de Japón, aunque no consiste del reciclaje del ingreso, incluye una característica similar.

Los impuestos ambientales gravados directamente sobre el contaminante no son el único tipo de herramienta de política ambiental dentro del sistema tributario. Una característica común es mover la base fiscal a un representante de la contaminación, como por ejemplo el combustible automotriz o los vehículos motorizados, ya que es mucho más fácil su monitoreo y administración. Tales impuestos sobre los representantes de la contaminación reducen el alcance de las innovaciones potenciales estimuladas, produciendo así un resultado menos eficiente.

Existen otros tres instrumentos que intentan promover el bien en vez de disuadir el mal. La distribución por amortización acelerada y las tasas de IVA reducidas para los bienes relacionados con el medio ambiente, ofrecen incentivos para la adopción de las tecnologías existentes, pero es mucho más limitado su efecto traducido en la creación de la innovación. También comparten muchas de las desventajas de los subsidios: falta de dirección y subsidio de las acciones que se llevarían a cabo de cualquier forma. Por otro lado, los créditos fiscales para I+D estimulan la creación de la innovación, pero hacen poco para estimular la adopción de la innovación. Sin un precio positivo sobre la innovación, las innovaciones que reciben el estímulo del crédito fiscal de I+D no tendrían ningún impacto financiero positivo sobre los contaminantes (excepto en caso de que también ayuden a reducir los costos de las acciones que todavía tienen un precio positivo). Los otros instrumentos fiscales podrían desempeñar un papel importante en la historia de la innovación ecológica, pero tienen desventajas adicionales a los impuestos que se gravan directamente sobre la contaminación. Los gobiernos deben tener precaución en su uso y evaluar los beneficios ambientales esperados, en comparación con la pérdida en los ingresos fiscales.

La creación de un paquete político que responda correctamente a los problemas ambientales está más allá del alcance de esta publicación, pero es crítico el análisis de los impuestos y construcciones de innovación actuales para determinar las características que podrían perjudicar las medidas nuevas. Esto es verdad especialmente para las características del sistema fiscal. Al estudiar más de cerca las áreas enfocadas a los impuestos y la innovación, se pueden aprender algunas lecciones sobre la implementación de políticas nuevas. En la mayoría de los casos, los impuestos relacionados con el medio ambiente podrían responder a la externalidad negativa del exceso de la contaminación. De modo similar, las políticas de innovación de base amplia, que responden a las externalidades positivas (como los créditos fiscales de I+D), también funcionarían bien para el medio ambiente en general. Las innovaciones necesarias para alcanzar las metas ambientales tienen un componente adicional, y podrían diferir de otros tipos de innovación. Podría ser mayor la

necesidad de las tecnologías de ruptura que surjan de los avances en la investigación básica en el área del medio ambiente; por lo tanto, es posible que se requiera una dirección adicional de las políticas de innovación (como por ejemplo a través de las subvenciones para I+D) hacia las prioridades de la innovación ambiental.

Notas

1. Se debe mencionar que es probable que el efecto de rebote que resulta de las medidas reglamentarias sea mucho mayor a partir de los impuestos. Con las medidas reglamentarias sobre la eficiencia del combustible de vehículos, por ejemplo, la reducción de los costos de combustible puede propiciar que se conduzcan más los autos. Con los impuestos, cualquier efecto de rebote debido a la eficiencia del combustible inducida por los impuestos se matiza por el hecho de que conducir más implica más impuestos.
2. Por ejemplo, legislar que un permiso de contaminación ya no equivale a una tonelada de dióxido de carbono emitida, sino a 0.9 toneladas.
3. La información estadística para Israel se proporcionó bajo la responsabilidad de las autoridades israelíes correspondientes. El uso de dicha información por parte de la OCDE se efectúa sin perjuicio del estatuto de los Altos del Golán, Jerusalén Oriental y los asentamientos israelíes en la Ribera Occidental, bajo los términos de las leyes internacionales.
4. Cabe notar que en la evaluación empírica del cargo en Suecia, no se pudo comprobar el impacto potencial del mecanismo de reembolso en la innovación debido a la falta de contrafactual.
5. Mientras las empresas sujetas a la tarifa reducida se tuvieron que comprometer a las acciones y/o metas en el área del medio ambiente, como la eficiencia energética, se cree generalmente que estas barreras no son demasiado onerosas para las empresas impactadas.
6. Es probable que la empresa individual se perjudique, ya que la responsabilidad fiscal sería la misma, pero se ha contribuido también a los costos colectivos de los gastos de I+D.
7. Sin embargo, en la Unión Europea, las empresas principales están obligadas a medir muchos tipos de emisiones, incluyendo las emisiones de NO_x, con una base continua.
8. Cabe notar que los impuestos a los vehículos motores de una sola vez se combinan usualmente con los impuestos recurrentes a los vehículos, los impuestos sobre combustibles de vehículos motorizados, y otros cargos, tales como las herramientas y los programas de precios de carreteras.
9. Aumentar los impuestos únicos sobre los vehículos nuevos también incrementaría el valor de reventa de los vehículos usados, limitando así su impacto.
10. Para obtener una descripción completa de los impuestos sobre los vehículos motorizados relacionados con las emisiones de CO₂ en la OCDE, véase OCDE (2009d).
11. Cabe notar que las bandas dentro del programa *bonus-malus* de Francia están dirigidas a la disminución gradual, ofreciendo así los incentivos crecientes para las innovaciones en materia de eficiencia de combustible.
12. La tasa de amortización económica se refiere al cambio en el valor actual de un activo en comparación con un periodo de tiempo fijo. El valor puede cambiar, ya sea por la amortización física o el cambio en el valor del mercado del activo.
13. El gasto inmediato es simplemente una forma extrema de amortización acelerada.
14. Se señala que bajo la mayoría de los sistemas fiscales existentes, los gastos como el de comercialización y de capacitación del empleado son deducibles de inmediato, incluso si generan ganancias en el futuro.
15. Muchos de estos también existen junto con las reducciones de tarifas, donde existen claros resultados negativos en el medio ambiente (por ejemplo, la energía doméstica, consumir carne).
16. Algunas teorías sugieren que los impuestos de IVA óptimos asignan tarifas más altas para bienes

con precios más inelásticos (llamados impuestos Ramsey), pero los problemas administrativos hacen que esta sea una opción difícil de manejar. Para leer una discusión más completa, véase Heady (1993).

17. Las exenciones en la estructura del IVA ofrecen una excepción a esta lógica. Las tasas de IVA cero, sin embargo, son sólo una forma extrema de tasas de IVA reducidas.
18. Los créditos fiscales difieren de las desgravaciones fiscales o las desgravaciones por amortización acelerada, en que los créditos fiscales suelen ser independientes de la tarifa del impuesto nominal de sociedades. Los créditos fiscales ofrecen una deducción en los impuestos pagables, mientras que los impuestos o distribución por amortización, proporcionan una deducción en el ingreso neto para fines tributarios. Los créditos fiscales también pueden ser reembolsables.
19. Sin embargo, una preocupación probable son los efectos de suma cero de la competencia fiscal entre las jurisdicciones.
20. Otros, como Bauman et al. (2008), sugieren que los instrumentos basados en el mercado no son siempre mejores que los instrumentos de mando y control para impulsar la innovación. En los casos donde la innovación de procesos de producción resulte en un aumento del beneficio marginal de emitir otra unidad de contaminación, podrían incluso aumentar las emisiones. El aumento de emisiones tendría efectos distintos: con una tarifa de mando y control no habría ningún efecto, mientras que los impuestos sobre las emisiones gravarían cada unidad adicional de contaminación. Por lo tanto, se presenta ambigüedad en los casos como éste entre que si el impuesto sobre las emisiones es siempre una mejor solución que los instrumentos de mando y control para impulsar la innovación.
21. Con un límite en las emisiones, los impuestos que se gravan sobre las mismas emisiones no inducirán una reducción mayor, mientras el límite sea fijo. El efecto del impuesto causará simplemente una baja en el precio de los permisos negociables.

Referencias

- Acemoglu, Daron et al. (2009), "The Environment and Directed Technical Change", *NBER Working Paper*, No. #15451, October 2009, disponible en www.nber.org/papers/w15451.
- Amir, Rabah, Marc Germain y Vincent van Steenberghe (2008), "On the Impact of Innovation on the Marginal Abatement Cost Curve", *Journal of Public Economic Theory*, Vol. 10(6), pp. 985-1010.
- Baker, Erin, Leon Clarke y Ekundayo Shittu (2008), "Technical Change and the Marginal Cost of Abatement", *Energy Economics*, No. 30, pp. 2799-2816.
- Baker, Erin y Ekundayo Shittu (2006), "Profit-maximizing R&D in Response to a Random Carbon Tax", *Resource and Energy Economics*, No. 28, pp. 160-180.
- Barradale, Merrill Jones (2008), "Impact of Policy Uncertainty on Renewable Energy Investment: Wind Power and PTC", United States Association for Energy Economists WP 08-003, disponible en <http://ssrn.com/abstract=1085063>.
- Bauman, Yoram, Myunghum Lee y Karl Seeley (2008), "Does Technological Innovation Really Reduce Marginal Abatement Costs? Some Theory, Algebraic Evidence, and Policy Implications", *Environmental and Resource Economics*, Vol. 40, pp. 507-527.
- Bloom, N., R. Griffith y J. van Reenen (2002), "Do R&D Credits Work? Evidence from a Panel of Countries, 1979-97", *Journal of Public Economics*, No. 85, pp. 1-31.
- Canada, Department of Finance (2010), *Budget 2010: Leading the Way on Jobs and Growth*, Department of Finance, Ottawa, disponible en www.budget.gc.ca/2010/pdf/budget-planbudgetaire-eng.pdf.
- Copenhagen Economics (2008), *Reduced VAT for Environmentally Friendly Products*, for DG TAXUD, European Commission, disponible en <http://databankmilieu.nl/pdf/pr-31492k17b.pdf>.
- Dixit, A. y R. Pindyck (1994), *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press: Princeton.

- Downing, P.G. y L.J. White (1986), "Innovation in Pollution Control", *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 13, pp. 18-29.
- Duval, Romain (2008), "A Taxonomy of Instruments to Reduce Greenhouse Gas Emissions and Their Interactions", *OCDE Economics Department Working Paper*, No. #636, OCDE, París.
- European Commission (2008), "The Use of Differential VAT Rates to Promote Changes in Consumption and Innovation", 25 June 2008, disponible en http://ec.europa.eu/environment/enveco/taxation/pdf/vat_final.pdf.
- European Commission (2009), "Environmental Compliance Assistance Programs for SMEs – VAMIL and MIA", disponible en http://ec.europa.eu/environment/sme/cases/cases06_en.htm.
- Fischer, Carolyn y Richard G. Newell (2008), "Environmental and Technology Policies for Climate Mitigation", *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 55, pp. 142-162.
- Goolsbee, Austan (1998), "Does Government R&D Policy Mainly Benefit Scientists and Engineers?", *American Economic Review*, Vol. 88(2), pp. 298-302.

Capítulo 5

Una guía de los sistemas tributarios relacionados con el medio ambiente para los formuladores de las políticas

Este capítulo presenta un resumen general de las consideraciones alrededor de los impuestos relacionados con el medio ambiente para los formuladores de las políticas. Los impuestos se evalúan en comparación con otros instrumentos políticos antes de pasar a las consideraciones básicas del diseño de impuestos. El capítulo también profundiza en el uso de los ingresos derivados de dichos impuestos, y las consideraciones de la economía política presentes durante la implementación. Termina con una discusión sobre las razones por las que los impuestos deberían ser un tema central en el enfoque de política ambiental de los países, pero culmina señalando que los impuestos por sí mismos no son suficientes para abordar de manera eficiente para enfrentar los retos ambientales.

Los retos ambientales están presionando a los gobiernos a encontrar medidas de mitigación que respondan al daño ambiental causado a través de un método que no dañe significativamente el crecimiento económico actual y futuro. Los gobiernos tienen una amplia gama de herramientas a su disposición: reglamentos, políticas para fomentar la innovación ambiental, subsidios para la reducción de la contaminación y los impuestos relacionados con el medio ambiente. Es de crucial importancia la implementación de las políticas correctas en el momento adecuado.

Últimamente, se ha enfocado una atención significativa en los impuestos (y ha sucedido lo mismo en el caso de los permisos negociables).¹ Los impuestos tienen características positivas, como la eficiencia económica, el rendimiento ambiental, lo que ha aumentado los ingresos de los gobiernos y con transparencia. Sin embargo, para lograr todos estos efectos, las consideraciones de diseño son de gran importancia y se deben tomar en cuenta los aspectos de la economía política. Los impuestos relacionados con el medio ambiente se pueden utilizar, y se han utilizado, dentro de una amplia gama de circunstancias: vertederos e incineración de los desechos, contaminantes atmosféricos locales y globales, descargas al agua y muchos más.

Si este capítulo pudiera resumir en cuatro consejos clave sobre los impuestos relacionados con el medio ambiente, serían los siguientes:

- aunque no son el único instrumento, los impuestos se deben considerar seriamente como un componente significativo de la política ambiental;
- las bases fiscales deben ser tan amplias como sea posible, ofreciendo algunas excepciones (en el caso de presentarse);
- los gobiernos no deben temer a la imposición de tarifas fiscales que alcancen realmente el objetivo ambiental, especialmente cuando los impuestos se gravan directamente sobre el contaminante; y
- son importantes las preocupaciones de competitividad y distribución de los impuestos relacionados con el medio ambiente, pero se deben administrar externamente al impuesto siempre que sea posible.

5.1. ¿Por qué impuestos?

En una economía sin reglamentación, el daño ambiental se presenta debido a que no existe un incentivo en el mercado para que las empresas y las viviendas eviten dañar el medio ambiente; contaminar implica que no hay un costo directo. La mera complejidad de los problemas ambientales significa que las víctimas de la contaminación (presentes y futuras) no son capaces de trabajar en equipo para obligar a los contaminadores a pagar.² Por este motivo, la mayoría de los problemas ambientales continúan sin solución, por lo que se abren las puertas para que se involucren los gobiernos.

Es vasto el rango de instrumentos políticos disponibles para los gobiernos. En el pasado, la política ambiental estaba dominada usualmente por los arreglos llamados “de mando y control”. Estos instrumentos basados en la normativa (estándares, prohibiciones, etc.)

suelen ser perceptivos, y pueden estar estrechamente dirigidos (por ejemplo, los límites de emisiones y los reglamentos sobre el uso de tecnologías específicas en industrias específicas). Durante las últimas décadas se ha presentado un interés creciente, especialmente entre los países de la OCDE, en el uso de instrumentos con base en el mercado (como los impuestos y los permisos negociables). Estos enfoques se utilizan generalmente en combinación con otras políticas ambientales, como las campañas de información para ayudar a desplazar los patrones de consumo (por ejemplo, el programa de etiquetado para vehículos de pasajeros en la Unión Europea) y las políticas de investigación y desarrollo (I+D) para promover innovaciones ambientales nuevas.

¿Por qué, entonces, han comenzado a adoptar un papel principal las políticas ambientales en algunos países? Primero, los impuestos sobre las emisiones reales (que en la práctica son poco frecuentes) ofrecen el rango más amplio de opciones de reducción para los contaminantes. En vez de enfocarse sólo en un tipo de determinante de la contaminación (como la obligación de utilizar un tipo de combustible más limpio), los impuestos sobre las emisiones abren el camino a una gama de opciones para la reducción. Cualquier tipo de reducción que se pueda estimular con los instrumentos de mando y control, se puede estimular también a través de un impuesto, junto con cualquier otra acción que pueda reducir las emisiones (eficiencia energética, reducción de la producción, procesos de producción más limpios). La extensión del rango de opciones de reducción puede resultar en que las empresas y los ciudadanos busquen más allá de las opciones de menor costo.

Segundo, los impuestos correctamente diseñados no discriminan entre las fuentes de la contaminación. Muchos de los enfoques de mando y control: i) son específicos a cada sector (generación eléctrica, transporte, agricultura, etc.); o ii) aplican el mismo estándar para cada empresa (por ejemplo, la reducción del 90% de las emisiones de las chimeneas). Debido a que el mercado identifica las mejores opciones de reducción, los gobiernos necesitan menos información para los impuestos que para desarrollar un enfoque de sector por sector. De esta manera, los impuestos relacionados con el medio ambiente tienen dos beneficios económicos principales en comparación con la mayoría de los instrumentos potenciales de la política ambiental. a) los impuestos generan eficiencia estática (esto es, se llevan a cabo primero las medidas de reducción de menor costo) lo que significa que se alcanza una meta ambiental dada al menor costo posible para la sociedad. b) los impuestos generan eficiencia dinámica; el incentivo de reducción existe para todos los niveles de emisiones, aún después de que se haya llevado a cabo una reducción significativa. Esto se contrasta con la limitación reglamentaria de emisiones, por ejemplo, en la que deja de existir un incentivo para la reducción después de que se haya alcanzado un nivel reglamentario.

Tercero, los impuestos bien diseñados pueden ser altamente transparentes en cuanto al reconocimiento de los bienes que se gravan y los contaminantes exentos (en caso de existir). Un aspecto crítico para esto es la base fiscal, ésta debe estar lo más cerca posible al contaminante real (o su representación). Aunque muchos enfoques basados en la reglamentación se aproximan a la misma base que los impuestos, muchos otros no lo hacen. Más todavía, los instrumentos no fiscales quizá no demuestren claramente el costo de cada contaminante, debido a que el efecto de las políticas sobre un contaminante individual no es tan discernible o comparable entre contaminantes. La discreción que se presenta para los gobiernos representa otra preocupación. En el caso de los impuestos relacionados con el medio ambiente, está limitado el alcance de la discreción de los agentes gubernamentales para reducir el efecto sobre ciertas industrias o grupos de individuos, ya que las tarifas reducidas y las exenciones son bastante visibles por lo general. Con otros enfoques, como las estrategias reglamentarias específicas por sector, o los acuerdos negociados, existe el

potencial de favorecer a algunas industrias o distritos de manera menos transparente.

Finalmente, los impuestos tienen efectos positivos en la innovación. Al incrementar el costo de la contaminación, los impuestos ofrecen incentivos tanto para el desarrollo de innovaciones nuevas como para su adopción. También promueven una gama más amplia de tipos de innovación. El desarrollo y uso de estas innovaciones reducen el costo social general para responder a los retos ambientales.

Con frecuencia, estas características positivas posicionan los impuestos como una alternativa de instrumento político. Sin embargo, también se puede utilizar el sistema fiscal para subsidiar efectivamente los bienes o acciones que benefician al medio ambiente, como los productos ecológicos, a través de las exenciones al impuesto sobre la venta o el IVA en aparatos de uso energético eficiente, o los programas de amortización favorables para algunas inversiones de capital. En lugar de aumentar el precio de los bienes “sucios”, estos gastos fiscales pretenden reducir el precio de los bienes “limpios”. Existe incertidumbre entre los economistas al respecto de la decisión de adoptar los subsidios (Metcalf, 2009c), porque:

- Primero, los gastos fiscales y subsidios pueden inducir a un consumo adicional de los bienes o servicios que dañan el medio ambiente, al reducir los costos. Al disminuir el costo promedio de la empresa (o el costo para el consumidor después de impuestos), pueden ofrecer incentivos perversos con respecto al consumo/producción, y por lo tanto la contaminación.
- Segundo, es difícil diseñar los subsidios de tal modo que sólo induzcan las acciones nuevas. La mayoría de los subsidios también recompensan las actividades que se hubieran llevado a cabo aún sin su presencia (lo que resulta en que la mayoría del gasto del programa sea ineficaz).
- Finalmente, al tratar de promover las acciones que no son nocivas para el medio ambiente, se vuelve menos preciso el objetivo del instrumento político. Ya que son miles, si no millones, de aspectos los que conducen a la reducción del comportamiento dañino a la salud, puede ser difícil lograr la precisión al decidir cuáles aspectos subsidiar.

Además, los gobiernos también pueden utilizar los reglamentos como los estándares de emisiones, las normas de cartera para las fuentes de energía renovable, las prescripciones tecnológicas y muchos otros. Una prescripción tecnológica que ordena que las empresas instalen la tecnología de reducción Z (que se basa generalmente en la mejor tecnología disponible) presentan ciertas ventajas: los resultados se pueden predecir con una precisión significativa, los costos son relativamente inciertos y pueden ser fáciles de aplicar. Sin embargo, los instrumentos de mando y control no aportan generalmente la eficiencia estática y dinámica. El costo por alcanzar la última unidad de reducción puede diferir en general entre los distintos contaminantes, por lo que los costos totales no se minimizan. Al describir los límites en los contaminantes individuales, no existe ningún beneficio para aquel que emita menos del límite prescrito o adopte tecnología superior a la que prescribe el reglamento. Como resultado, son menores los incentivos para la innovación (y nulos cuando las empresas han cumplido con las normas). También suelen estar más estrechamente dirigidos, por lo que existe menos maniobrabilidad para la reducción y la innovación.

El monitoreo de los costos es un aspecto importante para el cálculo de una respuesta política óptima. Por ejemplo, los combustibles son una base fiscal relativamente sencilla para la recaudación de impuestos sobre el carbono, debido a que la contaminación a futuro se determina de acuerdo con la cantidad de combustible que se consume.⁴ Sin embargo, en algunas situaciones en las que resultan más altos los costos de monitoreo (debido

a la falta de conexión entre los representantes fáciles de gravar y las características de las emisiones de la mayoría de los contaminantes), se debilita el caso para el uso de impuestos. Además, los impuestos no sean lo suficientemente sensibles para responder adecuadamente a la contaminación, cuyo impacto varía entre las distintas locaciones, como las emisiones que causan la contaminación local del aire u ocasionan problemas que son sólo temporales.

Finalmente, cabe mencionar que existe menor certidumbre del resultado con los impuestos que con otros instrumentos políticos (la importancia de este factor varía tanto con la escala de los problemas como con la presencia de los puntos de desequilibrio). Los formuladores de políticas intentan calcular el impacto de los impuestos en la contaminación, pero no son capaces de evaluar completamente los impactos en la conducta. Por lo tanto, tal vez sea necesario ajustar las tarifas fiscales conforme se revele más información sobre los impactos en el comportamiento. Otros instrumentos políticos, como los permisos negociables, tienen resultados garantizados (a través del límite de emisiones establecido), pero con mayor incertidumbre en relación con el costo resultante.

5.2. Desarrollar un sistema tributario efectivamente relacionado con el medio ambiente

La implementación de los impuestos relacionados con el medio ambiente requiere la consideración cuidadosa de diversos factores. Los impuestos mal diseñados pueden tener efectos reducidos o incluso negativos en el rendimiento ambiental y económico. Esta sección describe las consideraciones clave para la determinación del modo óptimo de implementar un impuesto ecológico.

5.2.1. Definición de la base fiscal

Sobre lo que se graven los impuestos (su base) es uno de los factores más importantes para el diseño de una política efectiva. Explicado sencillamente, el impuesto se debería gravar sobre el contaminante o la acción que dañe el medio ambiente, por la vía más directa posible, ya que esto estimula los incentivos de reducción para todas las opciones de reducción posibles. Esto ocurre a través de: i) procesos de producción más limpios, como por ejemplo la reducción del uso de combustible por unidad de producción o la reducción de las emisiones de NO_x por unidad de combustible; ii) reducción de etapa final, tal como las medidas de captura y neutralización de emisiones antes de que se introduzcan al medio ambiente; iii) productos completamente nuevos, como las pinturas de vaporización reducida; y iv) las reducciones de producción. Generalmente, al alejarse de los impuestos sobre la actividad contaminante misma, se reducen las opciones disponibles para la reducción, como en el caso en que se grava un impuesto ambiental sobre un bien intermediario, como el carbón. En este caso, el impuesto sobre el carbón que intenta abordar el problema de las emisiones de azufre sólo estimularía un subconjunto de opciones de reducción, como la reducción del uso del carbón o encontrar potencialmente un carbón con contenido reducido de azufre. El desarrollo de las medidas de etapa final y algunos de los procesos de producción más limpia, que afectaría las emisiones de azufre, no ofrece beneficios financieros para las empresas. En otros casos, como el combustible para vehículos motorizados, la liberación de carbono a la atmósfera tiene una correlación alta con el uso de combustible, y existen pocas opciones de reducción de etapa final, por lo que el combustible para vehículos motorizados es un representante muy eficiente para la imposición de impuestos sobre las emisiones de CO_2 .

Un problema adicional que surge cuando se gravan impuestos sobre los bienes intermedios, es que el impuesto implícito sobre el contaminante no es necesariamente trans-

parente, y puede diferir entre distintos combustibles o actividades. En varios países, los llamados impuestos de carbono, que se gravan sobre los combustibles, tienen tarifas fiscales implícitas sobre el carbono que varían entre el carbón, la gasolina, el diesel, etc., debido a varios asuntos de economía política. Este enfoque, altamente distorsionador, puede minar la eficacia de los impuestos sobre el carbono al promover la reducción excesiva en sectores y/o combustibles específicos, e impulsando potencialmente incluso el cambio a combustibles más sucios. También puede perjudicar la creencia en la justicia y efectividad de la política ambiental.

5.2.2. Establecer la tarifa fiscal

La tarifa fiscal se debe establecer de tal modo que refleje el valor para la sociedad del daño provocado por la contaminación, además de la necesidad de los gobiernos de recaudar ingresos. Hacer esto debería explicar completamente el hecho de que no se cobra a los contaminadores por su daño al y sobre explotación del medio ambiente en una economía desregulada. Algunos de estos daños son relativamente fáciles de medir, por ejemplo, el daño de la liberación de aguas residuales no tratadas en el valor de la cosecha de ostiones o el daño producido por la lluvia ácida sobre la productividad de los bosques de producción de madera. Cuando se hace daño a una cosa que no tiene valor de mercado, puede ser mucho más difícil el proceso de evaluación del daño (¿cuál es el valor del aire más limpio, de mayor biodiversidad o de un clima menos volátil?) Al mismo tiempo, se debe rendir cuentas sobre el efecto que pueden tener los impactos ambientales sobre la morbilidad y mortalidad de los humanos.⁵ En estos análisis están implícitos los cálculos en relación con el valor de la vida humana (y los aspectos de su calidad). Es mucho más fácil cuando se dirige el esfuerzo únicamente hacia un resultado ambiental específico, por ejemplo, 550 ppm de CO₂e para el cambio climático, y así se puede determinar implícitamente la tarifa fiscal para alcanzar esta meta.⁶

Al mismo tiempo, las bases fiscales sobre las que se gravan usualmente los impuestos ambientales se asocian con otros temas más allá del medio ambiente. Por ejemplo, los contaminantes del aire local, generados por los vehículos motores, pueden causar problemas respiratorios en los residentes, en tanto que el tiempo perdido en la congestión de tráfico tiene repercusiones económicas negativas. Estos otros resultados sugieren que el nivel global de los impuestos sobre las bases relacionadas con el medio ambiente (como el combustible de motor) debería ser más alto que tan sólo el valor estimado del daño ambiental hacia la sociedad. Deberían aproximar el efecto adicional de todas las externalidades distintas.

Los gobiernos también pueden gravar impuestos simplemente para recaudar impuestos y así, financiar el gasto público. Muchos de los impuestos relacionados con el medio ambiente (especialmente el combustible para motor y los vehículos motorizados) son candidatos principales para este tipo de impuestos, debido a que es poco probable que las tarifas fiscales modifiquen su comportamiento de manera significativa, ya que son inelásticas a la demanda.⁷ También se tiene que considerar el uso de los impuestos hipotecados (por ejemplo, los impuestos gravados para financiar las actividades específicas, como los impuestos sobre el combustible para apoyar el mantenimiento de las carreteras), aunque dichos impuestos son simplemente las tarifas de usuario debajo del óptimo.

A excepción de los vehículos motorizados y los combustibles para vehículos motorizados, normalmente son bajos los valores de los impuestos ambientales en los países de la OCDE, y en la mayoría de los casos se grava en una tasa menor que el valor del daño relativo. Por lo tanto, sólo algunas economías de la OCDE están en riesgo de que la recaudación

de impuestos sea demasiado alta. Sin embargo, existe la tendencia de recaudar tasas de impuestos muy altas para algunos bienes intermediarios de la contaminación, como los vehículos motorizados (véase el Capítulo 2). También resalta la disparidad entre las tasas fiscales de las distintas jurisdicciones, como el cargo sobre las emisiones de NO_x en Suecia, fijado en EUR 4,150 por tonelada, en comparación con el nivel de Italia, en EUR 105 por tonelada.

En contraste, otros instrumentos políticos relacionados con el medio ambiente, como los reembolsos a los consumidores, suelen evitar un costo implícito por unidad de contaminación que puede superar por mucho la cantidad que representaría el impuesto óptimo. En un análisis de los países europeos, se encontró que la reducción de la tasa del IVA sobre los aparatos con mayor eficiencia energética desplazaría los patrones de consumo, alejándolos de los modelos de mayor intensidad energética (Comisión Europea, 2008). Por ejemplo, extender las tasas reducidas de IVA a los refrigeradores de ahorro de energía en la Unión Europea, resultaría en una reducción de 1.6 millones de toneladas de emisiones de CO₂ a lo largo de una vida útil de 15 años en promedio. Esto le costaría al erario EUR 119 millones en ingresos no percibidos; lo que implica un precio del carbono de EUR 73 por tonelada de CO₂. En el caso de los congeladores, el precio implícito del carbono es de EUR 25 por tonelada de CO₂, mientras que las lavadoras tienen un precio de carbono implícito muy alto, de EUR 167 por tonelada de CO₂.⁹ Sin embargo, es importante mencionar que cualquier reducción en las emisiones que se presente bajo un sistema de comercialización de emisiones (como en el caso de la electricidad en la Unión Europea) se descompensa por completo si las emisiones aumentan en otra locación, mientras sea fijo el límite de las emisiones. Por lo tanto, las reducciones de las tasas de impuestos no causarían ninguna reducción en las emisiones de CO₂, pero los gobiernos tendrían un ingreso significativamente menor.

5.2.3. Ofrecer incentivos congruentes

Es importante asegurar que el impuesto relacionado con el medio ambiente ofrezca incentivos de reducción similares por unidad de contaminación, para asegurar que las empresas y los hogares lleven a cabo dicha reducción de manera óptima. Los impuestos homogéneos promueven la reducción en la fuente de mayor eficiencia. Sin embargo, siempre existen consideraciones con respecto al impacto de dichos impuestos sobre algunos contaminantes selectos, como las viviendas de bajo ingreso o los negocios intensivamente contaminantes y expuestos al comercio. Por ejemplo, a veces se fijan tarifas fiscales más bajas a niveles más bajos de consumo/contaminación, de tal modo que se reducen los incentivos marginales para unos pero no para otros (por motivos sociales, por ejemplo). Estas diferentes estructuras de incentivos aumentan los costos globales de alcanzar una meta ambiental, debido a las caídas desproporcionadas en la reducción por parte de algunos contaminadores. Por lo tanto, los gobiernos también deberían intentar implementar los impuestos lo más ampliamente posible.

5.2.4. Facilitación de la previsibilidad y credibilidad de la política general

La política ambiental, especialmente los impuestos, puede afectar la reducción de la contaminación a través de dos procesos: respuestas conductuales y respuestas estructurales. Las respuestas conductuales se pueden presentar frecuentemente en el corto plazo, en respuesta a los precios, los impuestos y otros estímulos. Las empresas pueden reducir la producción y los consumidores pueden encontrar actividades menos contaminantes, como el uso compartido de vehículos o el cambio de la temperatura de interiores. Si se reducen los estímulos, los agentes económicos podrían retomar las activi-

dades anteriores fácilmente, sin mucho costo ni esfuerzo.

Por otro lado, las respuestas estructurales difieren considerablemente, ya que suelen tomar más tiempo y pueden requerir un análisis profundo y la inversión en diversas acciones. Las decisiones de las familias para cambiar de un vehículo de gasolina a un híbrido, de las empresas para invertir en tecnologías y actualizar sus procesos de producción, o de los fondos de capital de riesgo sobre la inversión en el arranque de empresas de energía alternativa, dependen fuertemente de sus visiones y suposiciones a largo plazo. El factor del precio a largo plazo resulta la más importante de las consideraciones para estas decisiones. Además del nivel inicial del impuesto, la previsibilidad de la tasa y la credibilidad de la política (o sea si es probable que permanezca a mediano y largo plazos) son elementos fundamentales para la toma de decisiones informadas. Por supuesto, la falta de esta previsibilidad y credibilidad puede tener un impacto pronunciado y negativo en la reducción y los esfuerzos para la innovación. El impuesto sobre las emisiones de SO_x en Japón ofrece un ejemplo de los efectos sobre la innovación (véase el Anexo I).

Aunque es importante la previsibilidad general para las inversiones a largo plazo y las decisiones sobre la reducción, esto no significa que las tasas fiscales no deban cambiar nunca. Después de que se hayan establecido, las tasas fiscales deben reflejar una gama de factores en todo momento: *inter alia*, inflación y crecimiento económico real (debido a que la mayoría de los impuestos relacionados con el medio ambiente se encuentran en la forma de impuestos especiales), ciudadanos que cambian sus preferencias para la protección ambiental y el efecto de la innovación en el costo de la reducción de la contaminación. Sin embargo, el proceso para el cambio de las tasas fiscales depende de su transparencia para que los contaminadores comprendan las determinantes potenciales y la programación de las modificaciones futuras. En Dinamarca, por ejemplo, se ha incluido esa característica en el sistema: ahora los impuestos especiales relacionados con el medio ambiente se indexarán automáticamente de acuerdo con la inflación anual, eliminando así la necesidad de los ajustes *ad hoc* en intervalos típicamente infrecuentes.

Cabe notar que los impuestos son inherentemente estables, excepto cuando los formuladores de las políticas los modifican explícitamente. De otro modo, los permisos negociables pueden presentar una volatilidad de precios mucho mayor a cambio de la certidumbre, en relación con el resultado ambiental. Sin embargo, los mercados secundarios de buen funcionamiento deberían ofrecer instrumentos financieros a las empresas para disminuir la volatilidad de precios en el futuro. Los límites inferiores y superiores entre los que pueden flotar libremente los precios de los permisos, ofrecen otro mecanismo para la previsibilidad adicional.

5.3. Uso de los ingresos generados

A diferencia de otros instrumentos de política ambiental, los impuestos relacionados con el medio ambiente (y los permisos negociables) tienen la posibilidad de recaudar ingresos para los gobiernos. Como se observa en el capítulo 2, la gran mayoría de los impuestos relacionados con el medio ambiente no recaudan ingresos significativos para los gobiernos y no se pueden utilizar como fuente principal de ingreso; sólo algunos impuestos y cobros [impuestos sobre el CO_2 , impuestos por conducir (combustible, vehículos y los peajes)] generan la gran mayoría de los ingresos de las bases ambientales. Incluso así, los impuestos relacionados con el medio ambiente representan aproximadamente 5% de los ingresos totales a partir de los impuestos en los países de la OCDE. Más aun, la intención de estos impuestos es de encoger la base fiscal que se contrasta con la mayoría de los impuestos que

intentan recaudar ingresos al mismo tiempo que hacen lo posible por distorsionar las bases en el menor grado posible. Debido a que los ingresos son pequeños generalmente, y tienden a disminuir conforme se incrementa el rendimiento ambiental, los gobiernos deberían aplicar suposiciones precavidas sobre los ingresos al incorporar un impuesto ambiental en la consolidación fiscal de largo plazo.

Sin embargo, es probable que el creciente uso de los impuestos relacionados con el medio ambiente y los permisos negociables subastados, especialmente en materia del cambio climático, tenga efectos considerables sobre los ingresos del gobierno a mediano plazo. ¿Qué deberían hacer los gobiernos con este incremento del ingreso? La noción de recompensar a los más afectados por el daño ambiental está en línea con el inherente sentido de justicia y es uno de los propósitos supuestos de los impuestos correctores de las externalidades. No obstante, es extremadamente difícil medir el impacto individual del daño ambiental a partir de un rango de contaminantes; muchos temas ambientales también presentan aspectos de bienes públicos, sugiriendo que los impuestos deben enmendar la pérdida de los bienes públicos y los costos aumentados para los hospitales, la adaptación, etc. Muchos de los problemas ambientales también tienen aspectos intergeneracionales significativos (por ejemplo, es muy probable que las emisiones de CO₂ de hoy tengan un gran impacto para los ciudadanos dentro de 200 a 300 años). Claramente, el principio de “el que contamina paga” sugeriría que los contaminadores son menos meritorios de la compensación.

En ausencia de lo anterior, los ingresos se manejarán como ingresos de otras fuentes fiscales. Esto es, no se deberían hipotecar, sino entrar dentro de los fondos generales del gobierno. Luego, los gobiernos pueden utilizar los ingresos para aumentar su gasto general en otras áreas, mantener los niveles de financiamiento, reducir la deuda o bajar otros impuestos. Siendo que la posición fiscal de los gobiernos apenas comienza a recuperarse de las crisis financieras y la culminación de los años de déficit, es posible que sea grande la necesidad de los ingresos fiscales adicionales. Por tanto, incrementar los impuestos sobre las bases ambientales podría ser más aceptable políticamente que otros tipos de aumentos fiscales.

Por un momento, hubo un interés considerable en el potencial de un “doble ganancia” de los impuestos relacionados con el medio ambiente. Esto es, la imposición de los impuestos ecológicos produciría mejoras ambientales, la primera ganancia. El ingreso resultante también se podría utilizar para reducir los efectos de las distorsiones existentes en el sistema tributario (por ejemplo, al reducir las tasas de impuestos sobre personas y sociedades), el segundo dividendo. Como resume Metcalf (2009b), estas ideas, aunque sean seductoras, no consideran el hecho de que aumentar los impuestos relacionados con el medio ambiente puede distorsionar, por ejemplo, la oferta laboral, del mismo modo que los impuestos sobre el consumo.¹¹

Debido a la presencia de las distorsiones preexistentes en la economía, producto de las políticas gubernamentales anteriores, la imposición de los impuestos relacionados con el medio ambiente puede acentuar también estas distorsiones, generando efectos adversos en el crecimiento económico. Al utilizar parte de sus ingresos para reducir dichas distorsiones, como por ejemplo reducir las tarifas fiscales de personas y de sociedades, puede ayudar a compensar algunos de los efectos no deseados de los impuestos relacionados con el medio ambiente dentro de la economía, de manera simultánea a la creación de un código fiscal más eficiente.

En el contexto de la economía política, una reducción de los demás impuestos también

puede servir para conseguir el apoyo político para la introducción de los impuestos relacionados con el medio ambiente. En muchas instancias, los impuestos ambientales nuevos se anuncian simultáneamente con las reducciones asociadas en otros impuestos, como medio para incrementar la aceptación. En el caso del Reino Unido, y su Exacción sobre el Cambio Climático, se anunció la exacción simultáneamente con una reducción de 0.3 puntos porcentuales en las tasas de contribución de los empleados para el seguro social. En otros países, los enfoques más directos han visto el envío de cheques a las viviendas, para acompañar la implementación del impuesto ecológico, aunque tales medidas no abordan potencialmente las otras distorsiones en la economía. Los ingresos también se pueden utilizar para contrarrestar algunos de los efectos más directos de los impuestos relacionados con el medio ambiente, como los aspectos de distribución, según se describe en la siguiente sección.

5.4. Superar los retos para la implementación de los impuestos ambientales

Las recomendaciones políticas que se resaltan arriba pintan una imagen del mundo en el que los impuestos se pueden recaudar relativamente fácilmente, los formuladores de las políticas tienen la información completa y sólida a su disposición, los costos de la administración del impuesto son bajos, y son prácticamente inexistentes los problemas de economía política (especialmente los asuntos de competencia distributiva y sectorial). Sin embargo, rara vez se presentan estas condiciones en el mundo real. Los formuladores de las políticas deben decidir como implementar los impuestos en un ambiente distinto del óptimo. A continuación se describen estos problemas y las técnicas utilizadas para superarlas.

5.4.1. Abordar los problemas de distribución

Una de las mayores fuentes de contaminación (y, por lo tanto, donde los impuestos ambientales podrían recaudar el ingreso más grande) es la generación eléctrica a partir del combustible, formada por las emisiones de carbono o los contaminantes relacionados con la contaminación local del aire. Al mismo tiempo, la energía es esencial para las viviendas y puede explicar una parte significativa del presupuesto de la vivienda. El aumento de los impuestos relacionados con las emisiones de combustión puede tener un impacto significativo en los niveles bajos de la escala de ingresos. Pasa algo muy similar con el uso del agua. Mientras ambas áreas son amplias, la mayoría de las bases de los impuestos ambientales forman sólo una pequeña parte del paquete de consumo global y por lo tanto es poco probable que existan problemas de distribución importantes.

Claramente, se advierte que los gobiernos no ignoran los impactos de los impuestos ambientales en la distribución. En reconocimiento de este hecho, se ha construido una amplia gama de características de los impuestos relacionados con el medio ambiente para aminorar el impacto. Algunos impuestos evitan asuntos completos al exentar las viviendas, como en el caso de la Exacción sobre el Cambio Climático en el Reino Unido. Otros intentan dirigirse a las regiones que presentan depresión económica, como con la reducción de los impuestos sobre el gas natural en el sur de Italia. Las tarifas que avanzan con la cantidad se utilizan frecuentemente para el agua y la electricidad como medio para proporcionar tarifas reducidas para el consumo “necesario” y tarifas completas para el consumo adicional.

Al intentar que los impuestos aborden el problema ambiental, además de responder a los problemas de distribución adversa, daña la habilidad de los impuestos de hacer cualquiera de las dos. Algunas generalmente causan pérdida del incentivo de reducción.

Por ejemplo, las tarifas en bloques progresivos o las tasas reducidas ofrecen menos incentivos para la acción beneficiosa para el medio ambiente y van en contra de la noción de que el que contamina debe pagar. Más aun, muchas de estas características son en realidad medidas pobres para abordar la distribución económica, ya que los que tienen más riqueza tienden a utilizar más combustible. A veces, tales medidas “progresivas” pueden ser regresivas.

Por lo tanto, los formuladores de las políticas no deberían estar preocupados necesariamente por los impactos de los impuestos y políticas específicos en la distribución, sino por los aspectos de redistribución de la política gubernamental global.¹² Esto significa que las medidas llevadas a cabo para responder a la naturaleza potencialmente regresiva de algunos impuestos ambientales se podrían utilizar mejor a través de medios más amplios, como la reducción de los impuestos sobre la renta de las personas físicas, apoyos de suplementos para individuos de bajos ingresos o la oferta de “cheques ecológicos” para algunos o todos los ciudadanos. Tales medidas pueden reducir la complejidad administrativa de los impuestos relacionados con el medio ambiente (pero pueden incrementar la complejidad general) y construir sobre las plataformas existentes para abordar la desigualdad de ingresos, y retirar las distorsiones que se presentan en el diseño de los impuestos que pudieran tener impactos económico y ambiental negativos.

5.4.2. Reconocer los problemas de la competitividad

Al buscar proteger el medio ambiente, los impuestos ambientales están destinados, por definición, a distorsionar las decisiones de producción y tienen un impacto desproporcionado sobre los contaminadores. En una economía cerrada, se alternarían los factores del comportamiento de la producción y el consumo de tal modo que se cumplieran. En el mundo moderno, el concepto de una economía cerrada, una sin comercio, es una aberración. La capacidad de comerciar entre las fronteras implica que también son altamente móviles los factores de producción para una amplia gama de bienes y servicios. Existe la preocupación de que los altos niveles de impuestos ambientales que caen desproporcionadamente sobre algunos sectores pueden impulsar la reubicación de esas empresas, mientras que los bienes y servicios aún se pueden importar. Estos problemas pueden causar un deterioro económico con pocas ganancias ambientales. Este efecto se conoce a veces como “fuga de carbono” en el contexto del cambio climático.

El método más efectivo para minimizar la fuga potencial de carbono es coordinar las políticas ambientales entre los distintos países. Al ampliar el alcance de las políticas, existen pocas áreas potenciales para la reubicación y éstas se disminuyen rápidamente. Aun cuando no se logra la coordinación completa, es importante reconocer que una amplia gama de factores determinan el lugar al que se reubican las empresas: son escasas las locaciones con tarifas fiscales generales, proximidad a los mercados, adecuado clima de negocios y acceso a trabajo capacitado. Las políticas ambientales son sólo un factor. En el análisis llevado a cabo por la OCDE (2009), se calcula que si la Unión Europea actuara individualmente para reducir las emisiones en 50% entre 2005 y 2050, la fuga de carbono sería de 11.5%. Con todos los países en el Anexo I del Protocolo de Kyoto,¹³ que actúan para alcanzar esta meta (y que notablemente excluye a Brasil, India y China), la fuga sería de sólo 1.7% para 2050. La coordinación internacional, aunque sea imperfecta, es la solución óptima.

Aunque el UE ETS unifica las políticas climáticas de diversos países en relación con los emisores mayores, existe la preocupación en otros países, y para algunos sectores que se excluyen actualmente, sobre el impacto de dichos impuestos. En respuesta a lo anterior, algunos países han llevado a cabo una gama de estrategias para aminorar los impactos en la competitividad sectorial de los impuestos relacionados con el medio ambiente, en reco-

nocimiento de que tal medida viola el principio de que el que contamina, paga.

Sin embargo, más allá de los contaminantes globales, existe una justificación mucho menor para la acción global coordinada para otros contaminantes de naturaleza más local, como las emisiones de NO_x y SO_x . Debido a que la tarifa fiscal óptima probablemente difiera entre los países, y aun dentro de las distintas regiones de un mismo país (ya que, por ejemplo, pueden variar los impactos de la contaminación local dependiendo de los niveles de contaminación local, la densidad de la población y las condiciones del clima local), es poco probable que un mecanismo coordinado sea sensible a dichos efectos, y tal vez no resulte en la mitigación de los problemas de competitividad de las industrias, que se sitúan en las regiones en las que las tarifas fiscales son, o deberían ser, más altas.

Una de las formas menos distorsionadoras de responder a los problemas de competitividad entre los sectores es ofrecer potencialmente un tiempo de introducción para que las empresas afectadas desarrollen las medidas de mitigación. Debido a que las inversiones tienen una larga vida productiva, y en general no se pueden reemplazar rápidamente, los impuestos ambientales que se anuncian e implementan con relativa rapidez, pueden penalizar a las compañías por sus decisiones históricas que resulten en la recurrencia de emisiones. Un periodo de introducción puede ofrecer a las empresas el tiempo suficiente para llevar a cabo una renovación significativa de las operaciones y de adquirir nuevo capital sin recibir multas por decisiones históricas. Sin embargo, el tiempo de introducción no debe ser demasiado largo, pues la adopción de las tecnologías preparadas para su uso es bastante rápida; por ejemplo, con la introducción del cobro sobre las emisiones de NO_x en Suecia, las empresas que adoptan alguna forma de mitigación de las emisiones aumentó de 7% a 62% en un año. Una tarifa escalonada a lo largo de un periodo de tiempo, también puede disminuir la carga inicial de un impuesto y aportar la flexibilidad financiera adicional para que las empresas inviertan en las actividades de mitigación o I+D para minimizar los pagos en el futuro. Es crítica la credibilidad en el compromiso de escalonar las tarifas hacia el nivel estándar.

Los países también han adoptado la costumbre de ofrecer mecanismos favorables a las empresas. En las áreas en que se reciclan los ingresos de los impuestos ambientales hacia las empresas afectadas (sobre una base diferente de la recaudación), se mantiene generalmente el incentivo de reducción marginal; sin embargo, la empresa promedio resulta desfavorecida desde el punto de vista del costo y beneficio. Esto significa que se viola el principio de que el que contamina paga a través de dicho mecanismo; no aumenta el precio para los consumidores de los productos altamente contaminantes. Sólo se reducen los bienes del mismo tipo y que contaminan más, relativamente. Se subsidian efectivamente los costos de producción para los que producen menos contaminación, relativamente (pero aún una cantidad significativa).

También se han utilizado ampliamente otras medidas. Las reducciones y exenciones para los usuarios intensivos de energía, simplemente desplazarían un poco de la carga de reducción hacia otros, o producen un resultado ambiental inferior. Los formuladores de políticas deben considerar que las medidas para compensar el impacto total de los impuestos ambientales sobre las empresas o los sectores ofrecen un subsidio implícito para las actividades dañinas al medio ambiente y obliga a los otros sectores a llevar a cabo esfuerzos mayores para el financiamiento de aquellos subsidios a través de los impuestos más altos. Incluso se pueden desplazar los patrones de consumo, alejándose de las actividades menos dañinas para el medio ambiente (con impuestos regulares) hacia actividades altamente contaminantes (con impuestos ligeros).

Finalmente, la posibilidad de usar un sistema tarifario es una medida potencial para dirigirse a los problemas de competitividad sectorial y de fuga de carbono. Los llamados impuestos de ajuste fronterizo se han abordado como un medio para compensar los productos producidos en jurisdicciones de exportación con políticas ambientales más débiles que los del país de importación. Bajo dicho sistema, se sugiere que las tarifas se gravarían sobre productos de tal modo que compensarían por los impactos económicos de las distintas políticas ambientales. Con una política tal, se colocarían los bienes domésticos y los importados sobre un nivel de igualdad. Aunque estas políticas tienen un atractivo intelectual, y pueden cumplir con las reglas de comercialización de la Organización Mundial del Comercio, los problemas de implementación del mundo real hacen que este sea un tema altamente conflictivo. Debido a que las políticas ambientales son complejas en cualquier país, involucran una amplia gama de herramientas políticas y dependen de las estructuras económicas existentes, se presenta un reto para lograr su comparación con un país de importación, y luego establecer una cifra de compensación para los miles de códigos de importación (potencialmente con la diferenciación por empresas). También existe el riesgo de agravar el diálogo internacional para liberalizar el comercio. Al ir creciendo la coordinación, estas medidas se vuelven mucho menos importantes conforme se disminuye precipitadamente la fuga de carbono.

5.4.3. Simplificación de la administración fiscal

Es importante la infraestructura, los trámites y el esfuerzo humano necesarios para administrar y verificar el cumplimiento de las leyes fiscales. Como tal, se debe evaluar cuidadosamente la carga administrativa, tanto de los gobiernos como de los contribuyentes. Además, la complejidad del sistema debido al alto número de contribuyentes o las variadas exenciones que puedan resultar en la evasión de impuestos.

Como se menciona en los párrafos anteriores, el impuesto ambiental ideal se grava sobre la actividad contaminante misma. En algunos casos, la administración fiscal puede verse afectada por el hecho de que existen numerosas y difusas fuentes de contaminación. Desarrollar sistemas de monitoreo, recolectar los datos y administrar los impuestos sobre estas bases puede representar un trabajo inmenso. Gracias a los nuevos desarrollos tecnológicos, que afectan tanto la sofisticación como los costos reducidos para la implementación, se tornan más realistas las posibilidades, por ejemplo, el programa de precios de carretera que se propuso en los Países Bajos.

Sin embargo, el tipo de contaminante puede desempeñar un papel muy importante en determinar si los impuestos se deban recaudar en la fuente o si existen oportunidades para minimizar la carga administrativa del impuesto, al establecer el punto de incidencia fiscal en niveles más altos de la cadena de distribución donde se encuentran menos contribuyentes potenciales y pocas ocasiones para la evasión de impuestos. Para los contaminadores con el tipo de actividad que causa contaminación y que no afecte el nivel de contaminación, la imposición de impuestos de los bienes intermediarios podría resultar mucho más sencilla, y no compromete los resultados ambientales. Las emisiones de carbono, por ejemplo, se correlacionan directamente con el tipo de combustible que se utilice; y el método de combustión del combustible (para un mismo tipo de combustible) no afecta las emisiones de CO₂, a menos que se utilice la captura y el almacenamiento de carbono (que es poco probable en el caso de las fuentes pequeñas y móviles de carbono, como los vehículos motorizados). Por lo tanto, resulta mucho más fácil gravar impuestos sobre el combustible de motor en el punto de la refinería o el mayorista que monitorear las emisiones de los vehículos individuales. Para otros contaminantes, en los que el proceso

de combustión es una parte integral del nivel de las emisiones (por ejemplo las emisiones de NO_x), gravar impuestos con niveles altos podría obstaculizar de manera significativa la capacidad para dirigirse hacia los resultados ambientales.

Más aun, la repetición de instrumentos dirigidos hacia las mismas emisiones puede implicar costos de cumplimiento duplicados, además de los efectos económicos y ambientales potencialmente dañinos mencionados en la Sección 5.5.

5.4.4. Aumentar la confianza y comunicar un plan

A pesar de los temas teóricos a favor de los impuestos ecológicos, las introducciones anteriores han causado preocupaciones considerables entre los ciudadanos en relación con el impacto y las motivaciones de su uso. Como se indica arriba, las preocupaciones relacionadas con el aspecto de distribución y los problemas de competitividad han puesto más presión sobre los formuladores de las políticas. Además, se ha observado el escepticismo público en relación con las intenciones del impuesto (por ejemplo, que las tarifas fiscales simplemente se incrementan y disfrazan de ecológicas) o la preocupación sobre los impactos económicos en las actividades fundamentales.

Con gran ímpetu, a mediados de los años 90 varios países europeos llevaron a cabo “reformas de impuestos ecológicos” significativas, con distintos grados de éxito. En todos los casos, fue duro el camino para su implementación y se presentaron barreras significativas. Las evaluaciones de grupos focales sobre la reforma del impuesto ecológico en Dinamarca (Klok, 2006), Alemania (Beuermann y Santarius, 2006), el Reino Unido (Dresner, 2006) y Francia (Debroubaix y Lévêque, 2006), además de Irlanda (Clinch y Dunne, 2006), donde no se llevó a cabo la reforma del impuesto ecológico, indican que existen factores comunes significativos entre los distintos países.

Primero, falta conocimiento sobre el programa global. Segundo, los ciudadanos fueron específicamente escépticos en relación con que los gobiernos utilicen los fondos para reducir otros impuestos, y se sintió en cambio que las reformas de los impuestos ecológicos se utilizaron para disfrazar los aumentos fiscales generales. También se sintió que la conexión entre la introducción (o el aumento) de los impuestos ambientales y la reducción de otros impuestos no fueron apropiadas necesariamente, y los ingresos se deberían utilizar para fines ambientales. Es probable que los gobiernos sigan enfrentando este tipo de problemas en el futuro.

Estos resultados sugieren que las medidas preventivas de mitigación pueden ayudar a suavizar la implementación de dichas políticas. El uso de las comisiones de reforma de los impuestos ecológicos, dirigido por ciudadanos respetados y a corta distancia, pueden ayudar a asegurar que las prescripciones políticas se perciban como factibles, y no motivadas por la política. Más aun, las campañas de información adecuadas, abiertas y transparentes pueden informar más eficientemente a ciudadanos y empresas sobre las ramificaciones potenciales de los cambios hacia los programas fiscales más ecológicos.

5.5. Los impuestos ambientales por sí mismos no son la solución

A pesar de los beneficios significativos asociados con los impuestos relacionados con el medio ambiente, los impuestos por sí mismos no logran siempre el resultado que se busca. Los problemas y las distorsiones dentro de la economía obstaculizan el desarrollo de las acciones óptimas. En dichas circunstancias, se podrían necesitar herramientas políticas adicionales para ofrecer una mezcla óptima de instrumentos. A continuación se ilustra con tres ejemplos.

Primero, los consumidores podrían no ser conscientes de los impactos ambientales de sus adquisiciones (y de la responsabilidad fiscal/de precios a largo plazo que enfrentarán) con el mercado. Esto suele ser verdad para un amplio rango de los bienes, y son especialmente importantes los aparatos electrodomésticos grandes. Por lo tanto, la imposición de un impuesto sobre la energía tal vez no induzca un cambio de conducta o la alteración de los patrones de consumo sólo porque los consumidores no son capaces de traducir el efecto de un impuesto en la idea demostrable del impacto de las facturas de servicios. Esta limitante en la información se puede superar, por ejemplo, a través de los programas gubernamentales que ofrezcan información comparable y fácil de entender sobre el consumo de energía entre los distintos modelos.

Segundo, los incentivos que no se realicen por completo pueden limitar el alcance del rendimiento ambiental mejorado. El ejemplo clásico es el de los arrendadores y arrendatarios, en relación con la eficiencia y conservación de la energía y el agua. Los arrendatarios que pagan los recibos de los servicios tienen un incentivo para minimizar su uso energético. Muchas de las maneras más eficientes de lograrlo son la responsabilidad del arrendador: el aislamiento, reemplazo de ventanas viejas, etc. Si el arrendador no paga las facturas del uso de energía, existen menos incentivos para la inversión en tales artículos; para el arrendatario, la naturaleza transitoria de rentar hace poco probable que sean rentables las inversiones. En estos casos, los impuestos no tendrían un efecto completo como en la vivienda ocupada por los propietarios; podrían ser más eficientes los códigos de construcción.

Tercero, es crucial el papel de la innovación en la obtención de resultados ambientales mejorados a costos más bajos. Los impuestos relacionados con el medio ambiente pueden promover la adopción y el desarrollo de las innovaciones aptas para el mercado; sin embargo, es menos probable que se desarrollen las tecnologías de ruptura que resultan en mejoras ambientales fundamentales bajo un régimen que sólo se base en los impuestos. La naturaleza más básica y de largo plazo de dichos proyectos crea una incertidumbre considerable para los inversionistas, y conlleva una alta probabilidad de fracaso. En estos casos, los impuestos se pueden complementar con las inversiones dirigidas hacia I+D básico.

Como se describe arriba, las mezclas instrumentales pueden desempeñar un papel importante con la condición de que los instrumentos se refuercen mutuamente, y no produzcan obstáculos similares en la misma actividad ambientalmente dañina. Cuando no se duplican las mezclas de instrumentos, pueden tener un efecto insignificante o pueden funcionar de tal modo que distorsionen las decisiones de reducción e innovación, lo que resultaría en una política ambiental menos eficiente en general. En muchos países de la OCDE, se utilizan múltiples instrumentos de política ambiental sobre los mismos contaminantes. Uno de los usos más comunes es el de los impuestos sobre el carbono y los programas de comercialización de emisiones. El uso de dos instrumentos proporciona resultados ambientales fuertes, cuando los instrumentos se basen en fuentes diferentes, como los permisos negociables para las emisiones estacionarias y los impuestos sobre el carbono en el transporte. Cuando se duplican perfectamente los instrumentos, el precio del permiso negociable se reduce precisamente por la tarifa fiscal.¹⁴ Por lo tanto, aumentar las tarifas fiscales podría no tener un efecto global en las emisiones, excepto en donde sean lo suficientemente altas para formar el límite inferior *de facto* del precio. En los casos donde no se presenta una duplicación perfecta entre los sectores, aumentar las tarifas de impuestos puede inducir a una reducción adicional (y probablemente menos eficiente) en unos sectores en comparación con otros. Visto así, por ejemplo, la llegada del sistema UE ETS ha impulsado al gobierno danés a abolir los impuestos de carbono sobre las emisiones que también se cubren por el UE ETS a partir de 2010.

5.6. Conclusiones

Los impuestos relacionados con el medio ambiente desempeñan un papel significativo en la confrontación de los retos ambientales, especialmente en comparación con otros tipos de instrumentos. Los impuestos pueden ser extremadamente efectivos, con la condición de que se diseñen adecuadamente, se recauden lo más cerca posible de la contaminación o actividad dañina al medio ambiente y en todas las fuentes de contaminación, y se fije con una tarifa adecuada. Los ingresos generados se pueden utilizar para ayudar con la consolidación fiscal o reducir las tarifas fiscales. Al mismo tiempo, es posible que se necesite combinar los impuestos con otros instrumentos para obtener un paquete global de política ambiental. Las barreras o los costos administrativos podrían requerir que se dirijan los esfuerzos más bien a los representantes de las actividades ambientalmente dañinas. Finalmente, la imposición de impuestos relacionados con el medio ambiente podría exacerbar los problemas de la distribución o de la competitividad, pero se deberán encontrar las soluciones fuera del impuesto en sí. Por lo tanto, los impuestos ambientales deberían desempeñar un papel central en los enfoques a la política ambiental de los países, pero los impuestos por sí mismos tal vez no sean suficientes para responder a algunos retos de su implementación.

Notas

1. Para una discusión sobre las similitudes entre los impuestos y los permisos negociables, véase el Recuadro 3.4.
2. En teoría, esto sería el Teorema de Coase. Véase la nota 3 del Capítulo 1 para obtener más información.
3. El ejemplo clásico son los subsidios o las reducciones fiscales para los aparatos que ahorren energía. La reducción del precio de un acondicionador de aire de ahorro energético, por ejemplo, impulsa a las personas a alejarse de los modelos que no generan ahorro energético. Sin embargo, al bajar el precio de los acondicionadores de aire, también promueve el uso de los acondicionadores de aire *versus* otros bienes en la economía (que podrían tener un impacto ambiental menor).
4. Sin embargo, debido a las nuevas tecnologías de etapa final, como la captura y el almacenamiento del carbono, vuelven esta conexión menos aplicable.
5. Para tener más información sobre una revisión de la literatura sobre el valor económico de los impactos de morbilidad de la contaminación, además de un meta-análisis de las estimaciones de “valor de la vida estadística”, refiérase a OCDE (2010a) y (2010b).
6. Sin embargo, no existe ninguna garantía de que la meta ambiental *a priori* esté definida óptimamente.
7. Dichas bases fiscales se pueden correlacionar también con aquellos puntos en los que los gobiernos suelen tener problemas para gravar impuestos sobre ellos (por ejemplo el tiempo libre), lo que sugiere un impuesto más alto que únicamente su componente ambiental. West y Williams (2007), por ejemplo, muestran que el uso de gasolina se correlaciona con las actividades de tiempo libre, un punto que suele ser difícil de gravar por parte de los gobiernos. En ese escenario, esta característica sugiere impuestos cerca del nivel actual para EUA, sin contar los problemas presentes con las externalidades. Por otro lado, el combustible puede tener impactos sobre el suministro laboral, especialmente en los casos en los de morbilidad laboral, y por lo tanto podría ser importante mantener impuestos bajos.
8. En Suecia, se reembolsa el cargo sobre las emisiones de NO_x, por lo que el impacto neto del impuesto representa una menor carga y facilita los aspectos de implementación de la economía

política. La tarifa que se aplica en Suecia no se basó en las estimaciones del daño marginal, y es de casi el doble de la tarifa del impuesto sobre NO_x (no reembolsable) de Noruega, la cual se basa en las estimaciones del daño marginal.

9. Estas cifras son específicas a los países y varían según los niveles de precios de los países, las tarifas de IVA estándar y reducida, y la composición de la generación eléctrica.
10. Un modo en que esto se logra es a través de las bandas de imposición, que se utilizan típicamente en los bienes de consumo, como los electrodomésticos y los vehículos motorizados. Mientras estas estructuras fiscales pueden simplificar el mensaje que se envía a los consumidores, también pueden reducir los incentivos para una conducta ambiental mejorada. Bajo estos sistemas, donde se encuentran distintas tarifas fiscales (generalmente una tarifa fija para cada banda) con base en el rendimiento ambiental, se distorsionan las opciones de reducción marginal. El impuesto ofrece mayores incentivos entre las bandas fiscales, pero no dentro de ellas. Cuando las bandas fiscales son amplias, existe un incentivo bastante bajo para que se presente el movimiento dentro de la misma banda. Es poco probable que una familia grande cambié su elección de compra de una camioneta a un vehículo sub-compacto, pero podrían interesarse en adquirir una camioneta que contamine menos; los impuestos que emplean pocas bandas, tal vez no ofrezcan tales incentivos marginales.
11. En este análisis, el impuesto ambiental óptimo se dividiría entre el costo marginal de los fondos. El costo marginal de los fondos es el efecto sobre la economía de la exacción de una unidad del ingreso fiscal. Con la naturaleza generalmente distorsionadora de los sistemas fiscales, ese nivel se encuentra generalmente arriba de uno (esto es, una unidad de ingreso fiscal que se retira de la economía tiene un costo mayor que una unidad para la economía).
12. Cabe notar que otros instrumentos de política ambiental también tienen aspectos distributivos, pero son generalmente menos visibles que los de esos impuestos. Sutherland (2003), por ejemplo, muestra que los estándares de eficiencia energética fueron regresivos en los Estados Unidos. Aumentaron los costos iniciales de los aparatos, pero, debido a que las viviendas de bajo ingreso tienen por lo general una tasa de descuento mucho mayor que las viviendas de ingreso más alto, se vieron afectadas las viviendas de bajo ingreso de manera desproporcionada, incluso se presentaron efectos negativos en su bienestar.
13. Los países del Anexo I incluyen todos los miembros de la Unión Europea (menos Chipre y Malta) además de Australia, Bielorrusia, Canadá, Croacia, Islandia, Japón, Liechtenstein, Mónaco, Nueva Zelanda, Noruega, la Federación Rusa, Suiza, Turquía, Ucrania y los Estados Unidos.
14. Esto podría ser deseable en los casos en que los permisos de hayan distribuido libremente y el impuesto busque recuperar algunas de las ganancias inesperadas de las empresas contaminantes.

Referencias

- Beuermann, Christiane y Tilman Santarius (2006), "Ecological Tax Reform in Germany: Handling Two Hot Potatoes at the Same Time", *Energy Policy*, Vol. 34(8), pp. 917-929.
- Clinch, J. Peter y Louise Dunne (2006), "Environmental Tax Reform: An Assessment of Social Responses in Ireland", *Energy Policy*, Vol. 34(8), pp. 950-959.
- Debroubaix, José-Frédéric y François Lévêque (2006), "The Rise and Fall of French Ecological Tax Reform: Social Acceptability versus Political Feasibility in the Energy Tax Implementation Process", *Energy Policy*, Vol. 34(8), pp. 940-949.
- Dresner, Simon, Tim Jackson y Nigel Gilbert (2006), "History and Social Responses to Environmental Tax Reform in the United Kingdom", *Energy Policy*, Vol. 34(8), pp. 930-939.
- European Commission (2008), "The Use of Differential VAT Rates to Promote Changes in Consumption and Innovation", 25 June 2008, disponible en http://ec.europa.eu/environment/enveco/taxation/pdf/vat_final.pdf.

- Klok, Jacob et al. (2006), "Ecological Tax Reform in Denmark: History and Social Acceptability", *Energy Policy*, Vol. 34(8), pp. 905-916.
- Metcalfe, Gilbert (2009a), "Tax Policies for Low-Carbon Technologies", *NBER Working Paper*, No. 15054.
- Metcalfe, Gilbert (2009b), "Environmental Taxation: What Have We Learned this Decade?" in Alan D. Viard (ed.), *Tax Policy Lessons from the 2000s*, American Enterprise Institute for Public Policy Research, Washington DC, disponible en www.aei.org/docLib/9780844742786.pdf.
- OCDE (2009), *The Economics of Climate Change Mitigation: Policies and Options for Global Action Beyond 2012*, OCDE, París. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264073616-en>.
- OCDE (2010a), *Valuing Lives Saved from Environmental, Transport and Health Policies: A Meta-Analysis of Stated Preference Studies*, disponible en [www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/env-epocwpnep\(2008\)10-final](http://www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/env-epocwpnep(2008)10-final).
- OCDE (2010b), *A Review of Recent Policy-Relevant Findings from the Environmental Health Literature*, OCDE, París, disponible en [www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/LinkTo/NT00008EBA/\\$FILE/JT03278752.PDF](http://www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/LinkTo/NT00008EBA/$FILE/JT03278752.PDF).
- Sutherland, Ronald J. (2003), "The High Costs of Federal Energy Efficiency Standards for Residential Appliances", *Policy Analysis*, No. 504, Cato Institute: Washington DC, disponible en www.cato.org/pub_display.php?pub_id=1362.
- West, Sarah E. and Robertson C. Williams III (2007), "Optimal Taxation and Cross-Price Effects on Labour Supply: Estimates of the Optimal Gas Tax", *Journal of Public Economics*, No. 91, pp. 593-617.

Casos de estudio

ANEXO A

Cobro de las emisiones de NO_x en Suecia

Este estudio de caso describe el impuesto sobre las emisiones de NO_x en Suecia, el cual fue implementado en 1992. La tasa de impuestos es muy alta en comparación con otras jurisdicciones de la OCDE, pero casi la totalidad se reembolsa a las empresas. A través de una serie de indicadores, se encontró que el impuesto tenía un impacto significativo en la innovación. Muchas de éstas fueron innovaciones en los procesos que hicieron que las operaciones existentes de las empresas fueran menos intensivas en cuanto a la contaminación, incluso para las que no adoptaron las estrategias de reducción basadas en el capital. Este estudio de caso también incluye una exposición teórica de los efectos del mecanismo de reciclaje sobre los incentivos para la innovación.

Fundamentos de las políticas públicas ambientales

Suecia puso en marcha un cargo sobre las emisiones de NO_x emitidas por todas las fuentes de combustión estacionarias que producen por lo menos 50 MWh de energía útil por año, a partir de 1992. La decisión fue parte de una estrategia general para reducir 30% las emisiones totales de NO_x en el país entre 1980 y 1995. Los límites cuantitativos de las emisiones ya se habían introducido en 1988 de manera individual para las plantas estacionarias de combustión; sin embargo, pronto se hizo evidente que estas medidas por sí solas no serían suficientes para alcanzar las reducciones deseadas. El cargo sobre el NO_x se introdujo como un instrumento complementario.

Características de diseño

El cargo entró en vigor el 1° de enero de 1992 e inicialmente se reguló a 200 plantas aproximadamente (aquellas que tenían una producción energética superior a los 50 MWh). Debido a su efectividad y a la constante reducción en los costos de monitoreo, el impuesto se extendió, en 1996, a cerca de 270 plantas con producción de por lo menos 40 MWh de energía útil al año, y posteriormente, a partir de 1997, a cerca de 400 plantas con producción de por lo menos 25 MWh de energía útil al año. Actualmente, todas las plantas estacionarias de combustión están sujetas al cargo sobre NO_x si producen más del límite de producción energética y si pertenecen a cualquiera de los siguientes sectores: producción energética y calefacción; industria química; incineración de desechos; manufactura

de metal; celulosa y papel; alimentos e industria maderera. Se realizó una exención del cargo debido a la preocupación sobre los costos demasiado altos que no serían viables, por ejemplo, en la industria de cemento y cal, la producción de coque, la industria minera, las refinerías, los altos hornos, la industria del vidrio y materiales de aislamiento, la producción de tabloncillos de madera, y el procesamiento de los biocombustibles.

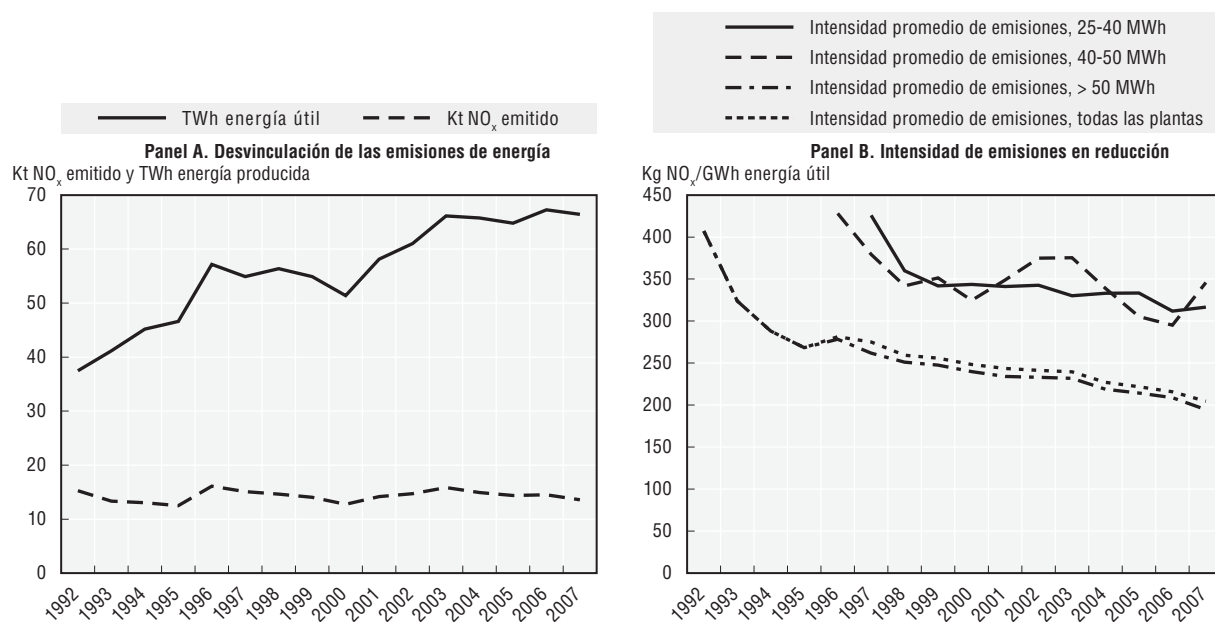
Al impuesto sobre NO_x se le dio un diseño único. Las plantas pagan un impuesto fijo por kilogramo de NO_x emitido y las ganancias se reembolsan en su totalidad (excepto por una cuota administrativa de menos de 1%, retenida por la instancia reguladora) a las plantas que pagan el gravamen, en relación a su fracción respectiva de producción energética útil total. El diseño estimula con reducciones a las plantas que alcancen las emisiones más bajas de NO_x por cantidad de energía útil producida, en relación con otras plantas. El resultado es que las empresas que tienen una intensidad de emisiones dentro del promedio de todas las demás empresas, no pagarán impuestos netos; las plantas relativamente limpias recibirán un reembolso neto, mientras que las plantas más contaminantes pagarán el impuesto neto.

Existen varias razones por las que la Agencia Sueca de Protección Ambiental (SEPA, por su siglas en inglés) decidió utilizar un cargo reembolsable. En primer lugar, la vigilancia continua de las emisiones de NO_x se consideró importante debido a la compleja formación de NO_x durante todo el proceso de combustión; sin embargo, esto implica altos costos de monitoreo (por lo que sólo es factible para plantas grandes de combustión). Por tanto, fue una manera de contrarrestar los efectos de una competitividad distorsionada entre las plantas de gran tamaño sujetas a la regulación, y las plantas más pequeñas sin regulación. En segundo lugar, el reembolso ayudó a evitar la fuerte resistencia política de los emisores, y con ello se facilitó un nivel de gravamen lo suficientemente alto como para lograr efectos importantes en las emisiones.¹

Efectividad ambiental

El cargo al NO_x ha proporcionado beneficios ambientales significativos desde su introducción. El primer panel de la Gráfica A.1 muestra cómo las emisiones de NO_x de las plantas reguladas se han desvinculado de los aumentos en la producción energética. El segundo panel de la Gráfica A.1 muestra la evolución de las emisiones de NO_x por unidad de energía útil producida (es decir, la intensidad de emisión) para las plantas reguladas. En general, la intensidad de las emisiones entre las plantas reguladas cayó 50% entre 1992 y 2007. Las plantas más grandes han logrado reducir el promedio de la intensidad de emisiones a 194 kg de NO_x por GWh en 2007, lo que es menor al promedio de 330 kg de NO_x por GWh alcanzado por las plantas con producción de energía de 25 a 50 MWh útiles al año. Lo anterior es el resultado, probablemente, de la posibilidad de los grandes productores para explotar las economías de escala, así como una consecuencia natural de la disponibilidad de la tecnología de reducción de NO_x , que se caracteriza por su indivisibilidad y los altos costos de los tipos de tecnología más eficientes.

Cabe señalar que el nivel del cargo sobre NO_x , de SEK 40 por kilogramo de NO_x , se mantuvo constante en términos nominales entre 1992 y 2006, dando lugar a una depreciación efectiva de alrededor de 25% en términos reales. Dicha reducción del efecto incentivador del cargo contribuyó tal vez a la estabilización en la caída de la intensidad de emisiones que se observó en años posteriores. Después de 2006, el impuesto se incrementó a SEK 50 por kilogramo de NO_x .

Gráfica A.1. Efectividad del cargo a las emisiones de NO_x en Suecia

Fuente: SEPA (2008).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317502>

Efectos en la innovación

Desde el punto de vista tecnológico, la introducción del cargo creó un fuerte incentivo para la adopción inmediata de tecnologías de eliminación existentes. Como se observa en el Cuadro A.1, existe un salto significativo en las empresas que utilizan tecnologías establecidas, como las tasas de uso de tecnología aumentaron de 7% a 62% sólo en el primer año. Éstas comprenden las tecnologías posteriores a la combustión [la reducción selectiva catalítica (SCR, por sus siglas en inglés), así como la reducción selectiva no catalítica (SNCR, por sus siglas en inglés)] y las tecnologías de combustión, por ejemplo, el ajuste.

Además de la adopción de las tecnologías, el cargo sueco indujo la innovación. Se utilizaron tres métodos para determinar los efectos de innovación: el análisis de datos de patentes, análisis de intensidad de emisiones y las curvas de reducción de costos marginales.

Análisis de datos de patentes

Contar el número de solicitudes de patente presentadas para las tecnologías de mitigación de NO_x nos puede dar una indicación de los cambios en los incentivos para el desarrollo de este tipo de tecnologías. Sin embargo, debe señalarse que el número de solicitudes de patentes no es una medida directa de los niveles de innovación, ya que la importancia relativa de las diferentes patentes varía considerablemente y una sola patente puede ser más importante, en términos de la reducción de NO_x, que docenas más. Además, no se utilizan todas las patentes otorgadas y sólo las innovaciones a las que es posible adjudicar claramente derechos exclusivos, pueden protegerse a través de patentes. Como muchas innovaciones en las tecnologías de mitigación de NO_x se realizan mediante pequeñas alteraciones en el proceso de combustión, sin ser necesaria la instalación adicional del equipo físico, el análisis de datos de patentes está limitado, en su alcance, a indicar los incentivos de desarrollo de las tecnolo-

Cuadro A.1. Adopción de la tecnología de reducción de NO_x en Suecia
Planas reguladas mediante el cargo sueco a NO_x, 1992-2007

	Umbral de salida (MWh por año)	Número de plantas reguladas	Fracción de plantas con NOx, tecnología instalada					Flue gas Condensation (%)
			Mitigación de plantas con NO _x (%)	Tecnologías posteriores a la combustión		Tecnologías de combustión		
				SCR (%)	SNCR (%)	Recortes (%)	Otras (%)	
1992	50	182	7	1	3	0	3	3
1993	50	190	62	3	21	18	30	4
1994	50	203	68	5	26	21	36	4
1995	50	210	72	5	30	22	40	4
1996	40	274	69	5	25	22	40	19
1997	25	371	60	3	22	17	39	19
1998	25	374	62	3	23	19	39	21
1999	25	375	65	3	24	20	43	23
2000	25	364	69	4	26	21	47	26
2001	25	393	67	3	25	20	47	30
2002	25	393	71	4	26	20	50	33
2003	25	414	70	5	26	20	48	32
2004	25	405	70	4	28	19	49	34
2005	25	411	69	5	30	18	47	34
2006	25	427	72	6	32	19	47	34
2007	25	415	71	6	33	18	46	34

Fuente: SEPA (2008).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318110>

gías de mitigación de NO_x. Además, los niveles de patente para estas innovaciones específicas en países pequeños podrían conducir a niveles muy bajos de patentes.

El Cuadro A.2 muestra que Suecia ha sido un país muy activo en el desarrollo de las tecnologías de NO_x, ubicándose entre los primeros cuatro países con más patentes por millón de habitantes. Lo más sorprendente es el aumento significativo de las patentes en Suecia durante el periodo de 1988 a 1993; momento en el que el cargo se discutió e implementó. Existen dos hipótesis diferentes que podrían explicar este fenómeno. La primera es que la introducción de un cargo de gran magnitud impulsa los incentivos para invertir en I+D de las tecnologías de reducción de NO_x. Por otra parte, la decisión de establecer un nivel de cargo alto fue posible gracias a la existencia de tecnologías suecas efectivas en la reducción de NO_x. Se trata entonces de un argumento de política económica que sugiere el cabildeo, o por lo menos la interacción, entre las empresas de innovación y las instancias que toman las decisiones. No existe evidencia contundente de ninguna de estas hipótesis, y para ello se necesitaría un análisis mucho más detallado de cada patente.

Es importante tomar en cuenta que son muy bajos los valores de las patentes, como se observa en el Cuadro A.2, durante el periodo de 36 años de 1970 a 2006, sólo 24.3 patentes pueden atribuirse a Suecia, menos de una por año. Además, las emisiones de las plantas reguladas por el cargo sobre las emisiones de NO_x en Suecia, no son significativas desde una perspectiva internacional. De hecho, representan menos de 1% del total de emisiones procedentes de las fuentes estacionarias (centrales eléctricas y quemadores industriales) de los 19 Estados miembro de la Unión Europea que han ratificado el Protocolo de Gotemburgo y que por tanto, se han comprometido con la reducción de las emisiones de NO_x. Por ello, si la tecnología de reducción desarrollada en Suecia está dirigida principalmente al mercado internacional, es poco probable que la introducción del cargo sobre las emisiones de NO_x

Cuadro A.2. Solicitudes de patentes para NO_x entre los distintos países
Innovación de tecnologías de NO_x por el país de origen de invención

	Número de patentes entre 1970-2006 por país			Número de patentes promedio por año, medido por millón de habitantes			
	Total	de los cuales: Tecnología de combustión (%)	de los cuales: Tecnología de postcombustión (%)	1970-2006	1970-87	1988-93	1994-2006
Austria	20.3	27	73	0.071	0.062	0.147	0.047
Australia	1	0	100	0.001	0	0	0.004
Bélgica	4	0	100	0.011	0.008	0.017	0.011
Canadá	14.7	20	80	0.014	0.007	0.022	0.020
República Checa	2	0	100	0.005	0	0	0.015
Dinamarca	10.5	19	81	0.055	0.049	0.194	0
Finlandia	15.6	19	81	0.083	0	0.144	0.146
Francia	54.8	35	65	0.026	0.015	0.032	0.039
Alemania	353	28	72	0.120	0.131	0.164	0.085
Italia	20.5	41	59	0.010	0	0.023	0.012
Japón	289	11	89	0.066	0.072	0.063	0.060
Corea	9.3	14	86	0.005	0	0.004	0.014
Países Bajos	12.5	40	60	0.023	0.014	0.033	0.030
Noruega	6	75	25	0.037	0	0.040	0.086
Federación Rusa (incl. USSR)	5	20	80	0.001	0.000	0.001	0.002
España	2.2	0	100	0.001	0	0.004	0.002
Suecia	24.3	47	53	0.076	0.033	0.223	0.067
Suiza	58.5	69	31	0.232	0.138	0.587	0.197
Reino Unido	47	24	76	0.022	0.017	0.021	0.029
Estados Unidos	269.6	33	67	0.028	0.020	0.049	0.029
Otros países	10.1	30	70	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mundial	1 230	27	73	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Fuente: Base de datos mundial de patentes (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318129>

afecte los niveles de actividad de invención. Sin embargo, si las invenciones se motivan principalmente por las necesidades específicas del mercado nacional, los niveles de actividad de las invenciones podrían verse afectados por el cargo. Es posible que los inventos que en un principio se destinaron al mercado regulado de Suecia y sus altos incentivos de reducción, se extendieran y adoptaran en el mercado internacional que es más amplio.

Análisis de intensidad de las emisiones

El Cuadro A.3 muestra los resultados de los mayores productores de energía con respecto a los cambios anuales en la intensidad de emisiones. Desde una perspectiva de innovación y desarrollo de la tecnología, esto es interesante, debido a los descensos moderados y continuos en la intensidad de las emisiones promedio que se pueden observar a partir de 1997, tanto en las plantas con mitigación previa (las empresas que no realizaron instalaciones de capital para atender las emisiones posteriores a la combustión), como en las plantas con mitigación posterior (las empresas que lo hicieron). En 1997, las plantas grandes ya se habían regulado durante cinco años a través del cargo a las emisiones de NO_x y los ingenieros de las plantas debieron tener el tiempo suficiente para adoptar y probar las tecnologías existentes, y así encontrar el nivel de intensidad de emisiones de NO_x más eficiente para sus plantas específicamente. Si se asume que este es el caso,² se necesitan encontrar otras explicaciones, diferentes a las inversiones en las tecnologías existentes de miti-

Cuadro A.3. Plantas sujetas al impuesto sobre NO_x: Estadísticas descriptivas
Muestra de las plantas con mitigación previa y posterior, mayores a 50 MWh

	Plantas con migración > 50 MWh				Plantas con migración > 50 MWh			
	Número de plantas	Intensidad promedio ponderada de las emisiones	Variación anual de la intensidad de las emisiones (%)	Energía útil producida en TWh	Número de plantas	Intensidad promedio ponderada de las emisiones	Variación anual de la intensidad de las emisiones (%)	Energía útil producida en TWh
1992	168	402	..	34.5	12	438	..	2.7
1993	72	345	-14	13.2	117	309	-29	27.7
1994	68	294	-15	12.9	131	279	-10	31.9
1995	75	279	-5	12.2	133	260	-7	34.1
1996	92	327	17	13.6	154	260	0	41.6
1997	86	298	-9	14.0	146	242	-7	35.6
1998	93	301	1	13.1	153	229	-5	38.4
1999	97	289	-4	16.1	145	221	-3	33.8
2000	70	277	-4	10.7	165	225	2	35.8
2001	74	260	-6	11.9	177	221	-2	40.5
2002	82	258	-1	13.1	189	221	0	43.1
2003	89	255	-1	13.7	198	219	-1	47.3
2004	85	252	-1	13.6	189	204	-7	46.8
2005	85	242	-4	14.1	192	200	-2	45.3
2006	81	249	3	12.0	200	193	-3	49.1
2007	79	234	-6	12.2	191	181	-6	48.3
Promedio 1997-2007			-2.9				-3.2	

Fuente: SEPA (2008).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318148>

gación para explicar por qué las intensidades de emisión de este grupo de plantas siguen disminuyendo y, en particular, por qué siguen reduciéndose tanto en las plantas que informan haber llevado a cabo las medidas de reducción, como en las plantas que no reportan medidas de mitigación de NO_x. Se presentan tres explicaciones principales:

- Las plantas han mejorado su rendimiento sin tener que invertir en equipos nuevos, por ejemplo, al aprender a controlar mejor la formación de NO_x mediante la optimización de los diferentes parámetros en el proceso de combustión, al tomar en cuenta los límites de las tecnologías físicas existentes, o al cambiar las rutinas y la organización de la empresa. Estos cambios en la tecnología de reducción no física, se muestran como una caída en la intensidad de las emisiones para los dos grupos de plantas.
- Las plantas mejoraron la eficiencia de las instalaciones físicas de mitigación: al adoptar las tecnologías de reducción en un momento posterior, fueron capaces de alcanzar intensidades de emisión más bajas, en comparación con aquellos que invirtieron al comienzo del periodo.
- La realización plena del potencial de mitigación de la inversión en equipos de reducción física pudo no presentarse de inmediato, y requerir pruebas y aprendizaje, lo cual tomó varios años, antes de funcionar de manera óptima.

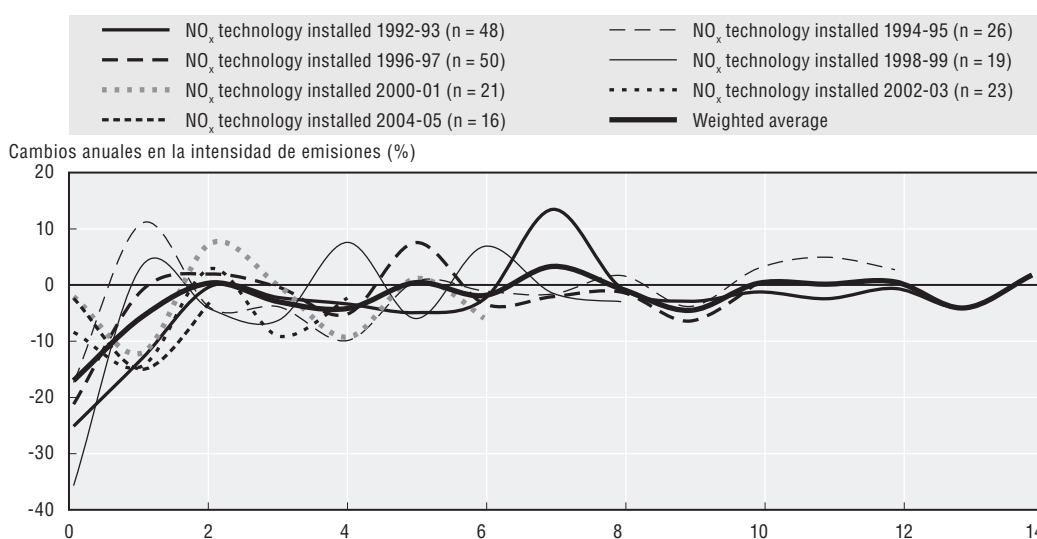
Las dos primeras explicaciones constituyen efectos de la innovación, tanto en la tecnología de mitigación física, como en la no física. La última explicación establece un simple efecto indicativo de que podría tomar más de un año la introducción gradual y la prueba de una inversión en la tecnología existente, antes de que ésta sea totalmente eficiente. Si se pudiera separar este efecto, el residuo sería un resultado de la intensidad de

las emisiones que (con cierta credibilidad), se podría considerar como una consecuencia de las innovaciones en la tecnología de mitigación.

La Gráfica A.2 muestra el ajuste anual en los niveles de intensidad de emisiones, después de una instalación de la reducción de NO_x . La muestra analizada incluye aquellas plantas que han reportado sólo una instalación durante el periodo de 1992 a 2007, y dicha instalación debe ser SCR, SNCR o instalaciones en la tecnología física de combustión. El ajuste es relativamente rápido. En promedio, las intensidades de emisión cayeron 17% durante el primer año y 6% en el segundo año, después de la instalación de la tecnología de reducción de NO_x . Luego de los dos primeros años, el cambio promedio anual fluctúa alrededor de cero con una reducción promedio anual de 0.9%. Por tanto, la introducción gradual de una nueva tecnología, incluidas las pruebas y el aprendizaje sobre cómo utilizarla de manera óptima, parece tomar de uno a dos años. Después del periodo de introducción gradual, son limitadas y lentas las ganancias adicionales que se obtienen al optimizar la tecnología existente, y pueden resultar de las innovaciones en las tecnologías de reducción no física, como el ajuste.

Gráfica A.2. Cambios de intensidad de las emisiones de NO_x

Variación anual en el nivel de intensidad de emisiones después de la instalación de la reducción de NO_x



Nota: Sólo se incluyen las plantas que han realizado inversiones en SCR, SNCR o tecnología de combustión en una ocasión (n = 216, es decir, 50% de las plantas >50 MWh).

Fuente: SEPA (2008).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317521>

Por tanto, la caída continua de la intensidad promedio de emisiones que se observa en las plantas grandes a partir de 1997, tanto para el grupo de plantas con reducción previa, como para el grupo con reducción posterior, no puede explicarse con periodos de ajuste largos que se prolongan durante muchos años, antes de completarse la introducción gradual y las pruebas en las instalaciones con tecnología de reducción física. En cambio, gran parte de la disminución anual en la intensidad de emisiones, de 2.9% para las plantas con reducción previa y de 3.2% para las plantas con reducción posterior, posiblemente proviene de un mejor conocimiento sobre cómo utilizar de manera más eficaz la tecnología existente, además de la adopción de equipos innovadores de reducción. Para las plantas con

reducción previa, la mejora completa de la eficiencia de emisiones puede vincularse con las innovaciones en la tecnología de reducción no física. En cuanto a las plantas de reducción posterior, la continua disminución de -3.2% al año a partir de 1997 se debe, por un lado (es decir, un -0.9% anual), a un mejor conocimiento sobre cómo operar de manera más eficiente las tecnologías de SCR, SNCR, y las instalaciones de combustión, y por otro, a la adopción de tecnologías de reducción física.

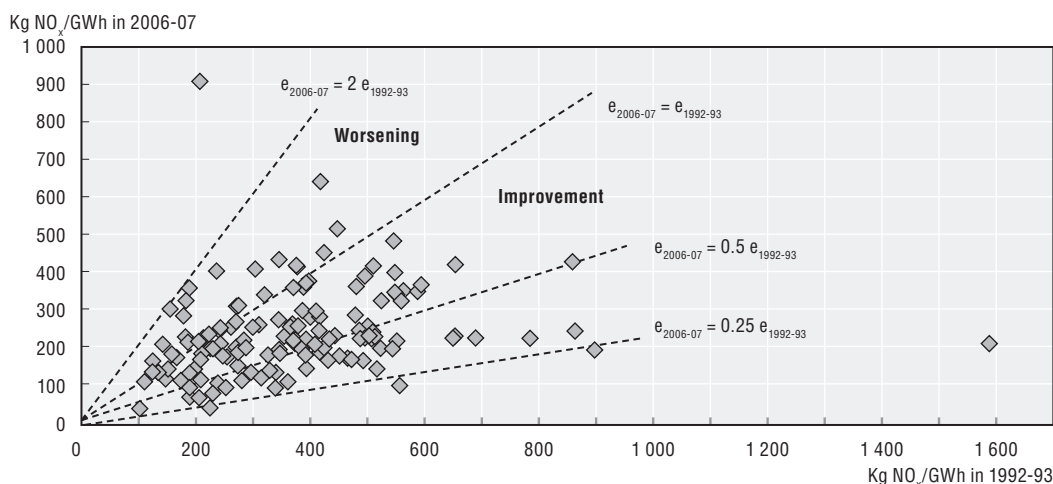
En el análisis anterior, no es posible visualizar individualmente la evolución de la intensidad de emisiones de cada planta. Sin embargo, es interesante saber si son las mismas plantas las que mejoran su desempeño o si la intensidad de las emisiones varía fuertemente, entre un año y el siguiente, dentro de la misma planta. La Gráfica A.3 ilustra la intensidad de emisiones promedio de las plantas entre 2006 y 2007, en comparación con la intensidad de emisiones promedio entre 1992 y 1993, para un conjunto de 137 plantas de gran tamaño que fueron reguladas por el cargo sobre las emisiones de NO_x en ambos periodos. Los puntos situados a la derecha de la línea de 45 grados ($e_{2006-07} = e_{1992-93}$) han bajado sus niveles de intensidad de emisiones entre los dos periodos. Como era de esperarse, la mayoría de las plantas (76%) se encuentra en esta categoría. Sólo algunas unidades empeoraron significativamente sus emisiones en relación con la producción entre los dos periodos.

Aproximadamente la mitad de las plantas redujeron la intensidad de sus emisiones hasta en 50%. Otra tercera parte redujo su intensidad de emisiones más de 50%, mientras que cuatro plantas disminuyeron las mismas en más de 75%. Dos de éstas son plantas alimentadas con petróleo que instalaron tecnología SCR, mientras que las otras dos han realizado grandes transiciones de combustibles fósiles a biocombustibles. Todas las plantas que presentaron una intensidad muy alta de emisiones en el periodo de 1992-1993 (> 600 kg de NO_x por GWh), mejoraron su desempeño, aunque sus niveles de intensidad de emisiones durante 2006-2007 continuaron altos en comparación con las plantas que iniciaron con niveles más bajos. Esto indica que es posible una gran propagación individual entre las plantas de los mejores niveles de desempeño alcanzables técnicamente.

El aumento en la intensidad de las emisiones se experimentó en 24% de las plantas, sin embargo, los incrementos fueron pequeños; sólo en ocho plantas (es decir, 6%) se excedió el 50%. De las 33 plantas que empeoraron su desempeño, nueve de éstas habían comenzado con niveles muy bajos (< 250 kg de NO_x por GWh) en 1992-1993 y presentaron un ligero aumento ($< 10\%$) en la intensidad de emisiones.

Veinticuatro plantas que comenzaron con niveles superiores a los 250 kg de NO_x por GWh en 1992-1993, continuaron y empeoraron sus emisiones por producción en 2006-2007. Siete de estas plantas no reportaron la instalación de tecnologías de mitigación de NO_x durante el periodo 1992-2007, lo que en parte explica por qué estas plantas no mejoraron. Para las otras plantas, la razón principal por la que disminuyó el desempeño parece ser la transición de combustibles fósiles o biocombustibles puros, a biocombustibles de menor pureza, tales como los residuos municipales sin clasificar, la madera reciclada, los residuos de grasas, los productos residuales forestales sin clasificar y el licor negro de la producción de celulosa y papel. Estos combustibles tienen mayor contenido de nitrógeno y las transiciones se determinan generalmente por factores económicos ajenos al cargo sobre el NO_x . Por ejemplo, algunos pudieron haber reaccionado a los crecientes costos de los combustibles fósiles y a las emisiones de carbono. En algunos casos, se estaban utilizando biocombustibles “alternativos” que cumplen con los objetivos climáticos pero constituyen una fuente importante de contaminantes locales como el NO_x . En algunos casos, el acceso a los residuos, tales como la corteza y otros subproductos, era abundante y su uso como combustible fue fomentado por otras iniciativas políticas.

Gráfica A.3. Intensidades de emisión de NO_x en plantas individuales
2006-2007 respecto a 1992-1993



Fuente: SEPA (2008).

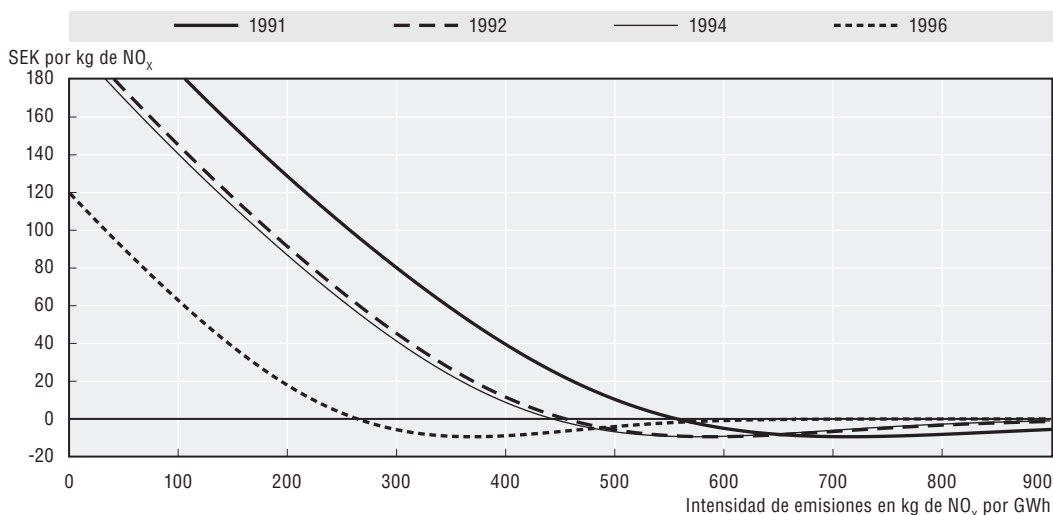
<http://dx.doi.org/10.1787/888932317540>

Curvas de los costos marginales de reducción

El indicador final para investigar los impactos de la innovación, es el uso de curvas para los costos marginales de reducción. Si el ahorro de los costos de reducción para los niveles de intensidad de emisiones dados se puede utilizar como un indicador de la aparición de innovaciones en las tecnologías de reducción, se podría calcular la incidencia de las innovaciones, a través de la medición de los cambios en los costos de reducción para los niveles dados de intensidad de las emisiones, en un periodo determinado. Lo anterior, sin embargo, requiere información detallada sobre la inversión real y los costos de operación de las tecnologías de reducción de las empresas que han instalado las tecnologías. La recolección sistemática de este tipo de datos sobre los costos de reducción es muy infrecuente.

Los resultados de un estudio en 114 plantas reguladas durante 1992-1996, proporciona una buena base para lo anterior. Las estimaciones se realizaron en tres sectores industriales: energía; pulpa y papel; química y alimentos. Los efectos de la innovación se midieron como cambios a la baja en la curva de costos marginales de reducción, de un año al siguiente. El sector energético ha sido el más activo en la reducción durante 1990-1996, y sólo fue posible encontrar evidencia estadísticamente significativa para este sector, en relación con el descenso de los costos marginales de reducción en un periodo determinado. En comparación con el año 1996, los costos marginales de reducción fueron significativamente mayores para el mismo nivel de intensidad de emisiones durante los años 1991, 1992 y 1994. Las funciones previstas para los costos marginales de reducción de estos años se presentan en la Gráfica A.4. Éstas muestran, por ejemplo, cómo la intensidad de emisiones alcanzable a un costo de reducción igual a cero (es decir, el nivel de eficiencia en reducción sin regulación) se traslada de 557 kg por GWh en 1991, a cerca de 300 kg por GWh en 1996.

Gráfica A.4. Disminución en las curvas de los costos marginales de reducción de NO_x
Para 55 plantas del sector energético reguladas por el cargo sobre NO_x en Suecia, 1992-1996



Fuente: Höglund-Isaksson (2005).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317559>

Es probable que este cambio sea el resultado de la adopción de innovaciones en las tecnologías de reducción, las cuales han hecho posible producir energía con menos emisiones de NO_x sin incrementar los costos. En gran medida, los efectos se producen debido al ajuste de las actividades. La introducción del cargo reveló las oportunidades para recolectar los “frutos al alcance de todos” en la reducción. Algunas de estas oportunidades existían antes de la introducción del cargo sobre NO_x, pero este impuesto, con su respectiva obligación de monitorear continuamente las emisiones de NO_x, hizo posible que las empresas descubrieran y desarrollaran dichas oportunidades para niveles incluso más bajos de intensidad de emisiones.

Para los otros dos sectores, de celulosa y papel, y de productos químicos y alimentos, los parámetros para medir los cambios en los costos marginales de reducción durante cierto periodo, no fueron significativamente distintos de cero, y en consecuencia no lograron mostrar ninguna evidencia sobre los efectos de innovación.

Conclusiones

Este estudio de caso ha mostrado claramente que los impuestos son un importante incentivo para la innovación. Las tasas fiscales sobre las emisiones en Suecia fueron particularmente altas, en comparación con otros países; probablemente éstas se lograron gracias al mecanismo de reembolso. No obstante, encontrar los vínculos requiere diversos enfoques. Además de los datos de las patentes, el análisis de las curvas de costos marginales y las intensidades de emisiones fueron fundamentales para destacar los impactos. Asimismo, es interesante observar que la reducción de emisiones en curso por parte de las empresas, se produjo tanto en las que adoptaron (con base en el capital) tecnologías de reducción, como las que no lo hicieron, lo que indica que se impulsó una cantidad significativa de la reducción con la innovación, para obtener una producción más limpia, como el aprendizaje de optimización del capital social existente.

Esta presentación también mostró cómo el diseño del impuesto, el mecanismo de devolución específicamente, influyó en el nivel de innovación (y qué instancia lo lleva a cabo).

Cuanto mayor sea el nivel de concentración del mercado, menor será el incentivo para la innovación, debido al pago reducido de la devolución asociado con el incremento en la reducción. Este hallazgo se puede extrapolar a los impactos de la innovación a partir de inversiones colectivas en ésta materia, bajo un mecanismo de devolución como el que se ha presentado.

Para más información acerca del cargo sobre NO_x en Suecia, la versión completa del estudio de caso (OCDE, 2009) está disponible en [www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2009\)8-final](http://www.oecd.org/olis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2009)8-final).

Anexo técnico: impactos específicos de los mecanismos de devolución

Sobre la efectividad ambiental

Cuando un grupo numeroso de empresas pequeñas que maximizan las ganancias, se regula con un cargo sobre las emisiones con base en la producción, y se efectúan los reembolsos, el nivel de reducción con una minimización de costos para cada empresa sucede cuando el costo marginal de reducción es igual al nivel del cargo (Sternier y Höglund, 2000). Cada empresa minimizará la suma de los costos de reducción y los pagos por emisiones menos las devoluciones. Con n empresas reguladas ($i = 1, \dots, n$), una empresa representativa j minimizará el costo total C_j :

$$C_j = c_j(e_j, q_j) + te_j - t \frac{q_j}{\sum_i q_i} * \sum_i e_i \quad (1)$$

donde e_j son las emisiones de la empresa j , q_j es la producción de la empresa j , y t es el cobro por unidad de contaminación emitida. Suponiendo una solución interior, la condición de primer orden para un mínimo de la ecuación (1) con respecto a e_j y producción constante, es:

$$-\frac{\partial c_j}{\partial e_j} = t * \left(1 - \frac{q_j}{\sum_i q_i} \right) \quad (2)$$

Con numerosas empresas pequeñas reguladas, la contribución de cada empresa a un total de producción regulado se hace muy pequeña, es decir, $\frac{q_j}{\sum_i q_i} \rightarrow 0$, y el nivel de

reducción óptimo se encuentra cuando el costo marginal de reducción es aproximadamente igual al nivel de cobro. Por tanto, en términos de eficacia en la reducción de emisiones, un cobro reembolsado es equivalente a un impuesto convencional sobre emisiones sin reembolso. En el caso del cargo sobre NO_x en Suecia, la mayor fracción de la producción total procedente de un solo propietario, en un año, fue de 12%.

Sobre incentivos a la innovación

Ahora, permítase la posibilidad de innovaciones en tecnología de reducción y que una innovación se lleve a cabo en una de las empresas reguladas, denotada como la empresa j (Höglund, 2000). Después de la adopción, la empresa j proporciona la innovación a todas las demás empresas reguladas $i = 1, \dots, n-1$ al precio de derecho, P . La empresa j tiene un derecho exclusivo para la innovación y ese derecho está protegido mediante una patente. Se supone que otras empresas no pueden imitar la innovación, y en consecuencia, no pueden adquirir ninguno de sus beneficios sin pagar los derechos de patente. La empresa j es por tanto, un monopolio en el mercado para la innovación, y es capaz de fijar un precio de derechos que maximiza sus ganancias. La demanda para el mercado de la innovación consiste

de numerosas empresas pequeñas, no cooperativas y reguladas, donde una sola empresa no pueda afectar de ninguna manera la decisión de adopción de otras empresas.

Se introducen las variables de la tecnología de reducción (k_j) para la empresa j , así como los costos de I+D (D_j), y los ingresos por pago de derechos (R_j) de m empresas no innovadoras reguladas que adoptan la innovación. El precio de los derechos (P_m) corresponderá con el precio de reserva de la última empresa que adoptó la innovación, es decir, el precio de reserva de la empresa m . La producción se supone constante en todo el análisis.

La tecnología innovadora afecta los costos de la empresa, tanto directa como indirectamente. De manera directa, al afectar los costos de reducción, los costos de I+D o los ingresos por derechos y, de forma indirecta, al reducir los costos fiscales cuando se reduce el nivel de emisiones óptimo para alcanzar un desplazamiento a la baja de la curva de costo marginal en relación con las emisiones. Para encontrar una solución interior, las siguientes propiedades se asumen para el intervalo relevante de la curva de costos. Tanto el nivel de emisiones como los costos de producción se suponen en disminución con tasa constante o creciente en k_j , es decir, $\partial e_j / \partial k_j < 0$, $\partial^2 e_j / \partial k_j^2 \geq 0$, $\partial c_j / \partial k_j < 0$ y $\partial^2 c_j / \partial k_j^2 \geq 0$. Por lo tanto, el ahorro de costos al adoptar una innovación aumenta en una tasa decreciente o constante, con un nivel de innovación mejorado.

Supongamos que la empresa innovadora j tiene suficiente información sobre las empresas que adoptan la innovación, como para establecer un precio por derechos que maximice sus ingresos por ese concepto (R_j):

$$R_j(k_j) = m(k_j)P_m(k_j) \quad (3)$$

donde $\partial R_j / \partial k_j > 0$ y $\partial^2 R_j / \partial k_j^2 \leq 0$.

La empresa j escogerá un nivel de innovación que minimizará la siguiente función del costo total:

$$C_j = c_j(e_j(k_j), q_j, k_j) + D_j(k_j) - R_j(k_j) + t e_j(k_j) - t \frac{q_j}{Q} \sum_{i=1}^n e_i(k_j) \quad (4)$$

Al fijar la primera derivada de la ecuación (4) con respecto a los cambios en la tecnología k_j igual a cero, se obtiene la siguiente condición para un mínimo:

$$\frac{dC_j}{dk_j} = \frac{\partial c_j}{\partial k_j} + \left(\frac{\partial c_j}{\partial e_j} + t \left(1 - \frac{q_j}{Q} \right) \right) \frac{\partial e_j}{\partial k_j} + \frac{\partial D_j}{\partial k_j} - \frac{\partial R_j}{\partial k_j} - t \frac{q_j}{Q} \sum_{i=1, i \neq j}^n \frac{\partial e_i}{\partial k_j} = 0 \quad (5)$$

donde $\frac{\partial R_j}{\partial k_j} = P_m \frac{\partial m}{\partial k_j} + m \frac{\partial P_m}{\partial k_j}$ y $\left(\frac{\partial c_j}{\partial e_j} + t \left(1 - \frac{q_j}{Q} \right) \right) = 0$.

Alternativamente, la última condición puede demostrarse al aplicar el teorema de la envolvente. El cambio en la función del costo total, al ajustar las emisiones (e_j) de manera óptima, es igual al cambio en la función de costo total cuando las emisiones no están ajus-

tadas. De lo anterior se deduce que $\left(\frac{\partial c_j}{\partial e_j} + t \left(1 - \frac{q_j}{Q} \right) \right) = 0$. Nótese que esto no implica que el

efecto indirecto siempre tiene que ser cero. Sólo implica que la suma de los efectos directos e indirectos es igual al efecto directo cuando las emisiones no se han modificado. Al reordenar los términos resultantes, se obtiene la condición para un nivel óptimo de innovación para la empresa j :

$$\frac{\partial D_j}{\partial k_j} = -\frac{\partial c_j}{\partial k_j} + \frac{\partial R_j}{\partial k_j} + t \frac{q_j}{Q} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^m \frac{\partial e_i}{\partial k_j} \quad (6)$$

donde $Q = \sum_{i=1}^n q_i$ and $\partial D_j / \partial k_j > 0$ y $\partial^2 D_j / \partial k_j^2 \leq 0$.

La ecuación (6) es igual al costo marginal de la innovación con el beneficio marginal de la innovación para la empresa j , donde la última se puede descomponer en tres términos diferentes. El primer término es el efecto del costo, que expresa la magnitud del efecto marginal sobre el costo de producción, por ejemplo, en términos de costos de reducción disminuidos o en términos de costos reducidos de los impuestos conforme se reducen las emisiones, o en términos de efectos sobre ambos. El segundo término es el efecto de los ingresos por derechos, que refleja el ingreso marginal de la venta de dichos derechos a otras empresas reguladas que adoptan la tecnología innovadora. El tercer y último término es el efecto marginal sobre la devolución a partir de la reducción de las emisiones en general, cuando otras empresas reguladas adoptan la innovación. Nótese que el efecto marginal de la devolución no es infinitamente pequeño, incluso si $q_j/Q \rightarrow 0$, ya que también una proporción muy pequeña de producción es aproximadamente constante para los cambios en la tecnología k_j . En su lugar, el efecto marginal sobre la devolución depende del cambio marginal en el nivel de emisiones general, que no se puede asumir como infinitamente pequeño.

Si un impuesto convencional sobre emisiones, establecido al mismo nivel, se hubiera utilizado en su lugar, la empresa j habría minimizado el costo total en la ecuación (4) menos el último término de devolución. Consecuentemente, la condición correspondiente a un nivel óptimo de I+D es:

$$\left[\frac{\partial D_j}{\partial k_j} \right]^{\text{Tax}} = -\frac{\partial c_j}{\partial k_j} + \frac{\partial R_j}{\partial k_j} \quad (7)$$

Al comparar la condición para un nivel óptimo de I+D bajo un impuesto reembolsado (ecuación 6) con la condición bajo un impuesto convencional de emisiones (ecuación 7), la diferencia en el costo marginal de I+D (es decir, gasto marginal en I+D) es causa del término de reembolso en la ecuación (6). Sin embargo, resulta menos sencillo comparar los niveles de equilibrio del gasto marginal en I+D entre los dos regímenes, ya que los efectos marginales en los costos y los ingresos por derechos posiblemente difieran entre los niveles de innovación. La comparación requiere más restricciones.³ Con efectos marginales aproximadamente constantes en los costos de producción e ingresos por la venta de derechos, la empresa j estará dispuesta a invertir en I+D a un costo marginal más bajo cuando se aplica un cargo reembolsable, en comparación con un impuesto convencional sobre las emisiones. La discrepancia es aproximadamente igual al efecto marginal en la devolución del cargo sobre las emisiones.

La explicación intuitiva es que con un cargo reembolsable sobre las emisiones, con base en la producción, la disposición de una empresa regulada de compartir las innovaciones con otras plantas reguladas se ve obstaculizada por el reembolso, ya que la propagación de la innovación a otras empresas reguladas reducirá el reembolso de la empresa j . Al mantener la innovación para sí misma, la empresa innovadora es capaz de mejorar su posición relativa dentro del sistema tributario, lo que aumenta sus devoluciones netas. Con un impuesto convencional sobre las emisiones, no hay ganancias⁴ como resultado de reducir la intensidad de las emisiones de una empresa, en relación con otras empresas reguladas.

Un caso especial que es interesante mencionar, ya que tiene relevancia para la reducción de NO_x , es cuando el precio de los derechos de una innovación es igual a cero. Esto podría ocurrir, por ejemplo, cuando una empresa regulada acumula conocimiento, por medio de la experiencia, que mejora la eficacia ambiental de la misma, pero dicho conocimiento es demasiado confuso como para protegerse a través de una patente. En comparación con un impuesto, el reembolso limita la propagación de conocimientos entre las empresas reguladas y, en particular, el conocimiento sobre las innovaciones de reducción de emisiones que no se pueden proteger mediante una patente, es decir, medidas por lo general pequeñas y sencilla, pero eficaces a la vez. Tal vez esto fue importante en el caso del cargo a las emisiones de NO_x en Suecia, donde se lograron reducciones importantes en las emisiones a un costo bajo o incluso nulo, por medio de actividades de ajuste.

Las empresas fuera del grupo regulado pudieron desarrollar y proporcionar las tecnologías de reducción, nuevas y mejoradas, a las empresas reguladas. Los incentivos de innovación dependen entonces de la demanda general de la tecnología innovadora. ¿La demanda de una innovación dada es entonces la misma bajo un cargo con reembolso, que bajo un impuesto convencional equivalente por emisiones? Parece que, por regla general, lo anterior se sostiene cuando la demanda en el mercado de innovación se compone de muchas empresas reguladas pequeñas y no cooperativas.

Al calcular el precio que maximice sus ganancias, el monopolio de innovación tomará en cuenta el costo de la innovación y el número esperado de regalías que se vendan. El precio corresponderá al precio de reserva de la última empresa que adoptó la innovación. El precio de reserva, a su vez, corresponderá con la ganancia adicional que la última empresa en adoptar la tecnología de innovación obtenga de la misma ($k = 1$) en comparación con no adoptarla ($k = 0$). La función del costo total de la última empresa m que adoptó la innovación es:

$$C_m^{k=1} = c_m^{k=1}(e_m^{k=1}, q_m) + P_m^{k=1} + t e_m^{k=1} - t \frac{q_m}{Q} \left(\sum_{i=1}^m e_i^{k=1} + \sum_{i=m+1}^n e_i^{k=0} \right) \quad (8)$$

Mediante un cargo reembolsado, una nueva innovación adoptada por algunas empresas reguladas afecta el costo *flot* de las empresas que la adoptan, al reducirse la devolución, pues la innovación deteriora la eficacia medioambiental de la empresa, en relación con las empresas que la adoptan. Al tomar la decisión entre adoptar o no adoptar, la última empresa en adoptar comparará, por tanto, el costo de adoptar contra el costo de no adoptar:

$$C_m^{k=0} = c_m^{k=0}(e_m^{k=0}, q_m) + t e_m^{k=0} - t \frac{q_m}{Q} \left(\sum_{i=1}^{m-1} e_i^{k=1} + \sum_{i=m}^n e_i^{k=0} \right) \quad (9)$$

Consecuentemente, el precio de reserva de la última empresa en adoptar es:

$$P_m = C_m^{k=0} - C_m^{k=1} = \Delta c_m + t \Delta e_m \left(1 - \frac{q_m}{Q} \right) \quad (10)$$

Al ser pequeñas todas las empresas, el efecto de la decisión de la última empresa en adoptar, en sus reembolsos, podría considerarse muy pequeño. Por tanto, el precio de reserva de la última empresa en adoptar, para una innovación dada, será aproximadamente el mismo que bajo un impuesto convencional por emisiones equivalente, es decir:

$$P_m^{\text{Tax}} = C_m^{k=0} - C_m^{k=1} = \Delta c_m + t \Delta e_m \quad (11)$$

Nótese que el precio de reserva resultante sólo es válido cuando el grupo de empresas reguladas se compone por muchas de éstas y son relativamente pequeñas en tamaño,

además de no ser cooperativas. En el caso especial en que las empresas reguladas cooperan entre sí y actúan como una sola entidad, además de negociar sobre el precio en una situación en la que o todas las empresas reguladas adoptan la innovación o ninguna, es muy posible que los incentivos para adoptar se debiliten considerablemente. Si todas las empresas adoptan y la innovación es igualmente efectiva (en términos de efectos sobre las emisiones) para todas las empresas, el cambio en las devoluciones netas es cero. Por tanto, los incentivos para invertir en tecnologías mejoradas son los mismos que en el caso donde no se aplica la regulación. En consecuencia, el supuesto de muchas empresas no cooperativas en el mercado de las innovaciones es crucial para el resultado en el que el precio de reserva (y la demanda) para una innovación dada, es aproximadamente igual bajo un cargo a las emisiones con reembolso, que bajo un impuesto equivalente sobre las emisiones.

Notas

1. El cargo de Suecia, por ejemplo, es mucho mayor que el de Francia.
2. Este podría no ser enteramente el caso. En una muestra de 114 plantas reguladas por el cargo de NO_x durante 1992-1996, casi la mitad de las plantas cumplieron (o cumplieron de más) con el cargo en 1996, mientras que la otra mitad no alcanzó un nivel de inversión eficiente para la reducción, es decir, donde el costo marginal de reducción es igual al cargo unitario.
3. Una hipótesis que parece plausible es que $\partial^2 c_j / \partial k_j^2 < 0$ y $\partial^2 R_j / \partial k_j^2 > 0$ para niveles bajos de k_j y $\partial^2 c_j / \partial k_j^2 > 0$ y $\partial^2 R_j / \partial k_j^2 < 0$ y para niveles altos de k_j . Por lo tanto, el ahorro de costos por adoptar innovaciones es que se supone que aumenta con una tasa creciente para los niveles bajos de innovación y con una tasa decreciente cuando se alcanzan los niveles más altos de innovación. Bajo estas suposiciones es difícil especular sobre la dirección de la diferencia en el nivel de entre un impuesto con devolución y $(-\partial c_j / \partial k_j + \partial R_j / \partial k_j)$ un impuesto. Sin embargo, si la diferencia en el nivel óptimo de k_j entre los regímenes no es demasiado grande, una hipótesis plausible parece ser que el efecto principal sobre las diferencias en el gasto marginal de I+D, proviene del término reembolso y no de las diferencias en la suma del ahorro marginal de costos y el ingreso marginal.
4. Si las empresas reguladas compiten en el mismo mercado por la producción final, compartir conocimientos de forma gratuita sobre cómo reducir los pagos de los cargos sobre las emisiones, podría cambiar, potencialmente, los costos relativos de producción y la competitividad de la empresa en el mercado de producción. Dado que este efecto indirecto sería el mismo bajo un cargo con reembolso que con un impuesto sobre las emisiones, éste no afecta los resultados y se excluye del análisis.

Referencias

- Höglund, L. (2000), "Essays on Environmental Regulation with Applications to Sweden", Ph.D. thesis, Department of Economics, Göteborg University, Suecia.
- Höglund-Isaksson, L. (2005), "Abatement Costs in Response to the Swedish Charge on Nitrogen Oxide Emissions", *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 50, pp. 102-120
- OECD (2009), *Innovation Effects of the Swedish NO_x Charge*, OECD, Paris, available at [www.oilis.oecd.org/oilis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2009\)8-final](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2009)8-final).
- SEPA (2008), *Database of Information from Annual Surveys of Plants Regulated by the Swedish NO_x Charge*, data used by kind permission of the Swedish Environmental Protection Agency, Östersund, Suecia.
- Stern, T. and L. Höglund (2000), "Output-based Refunding of Emission Payments: Theory, Distribution of Costs and International Experience", Discussion Paper, No. 00-29, Resources for the Future, Washington DC.
- Worldwide Patent Database (2009), <http://ep.espacenet.com/>, European Patent Office, Vienna.

ANEXO B

El precio del agua en Israel

Este estudio de caso explora los precios del agua en Israel en vista de las presiones constantes sobre las fuentes de agua en esta región semiárida. Primero analiza los enfoques diferenciales entre los distintos usos industriales, agrícolas y en los hogares, resaltando el hecho de que los precios reflejan el uso, el tipo de agua, y varía con la cantidad. La experiencia de Israel en la conservación del agua representa un éxito claro, y ha sido muy innovadora. Múltiples factores han contribuido a este hecho, incluyendo las estructuras de precios, las campañas de información por parte del gobierno y las inversiones gubernamentales en las tecnologías del agua.

Fundamentos de las políticas públicas ambientales

Israel enfrenta la escasez del agua y las amenazas ambientales relacionadas con el agua, por lo que representa una experiencia única para el estudio de los países de la OCDE. Israel se localiza en una región semiárida, con una distribución desigual de las fuentes de agua.* Se decidió, al inicio de su establecimiento, que se desarrollarían regiones remotas a las fuentes de agua. “Hacer florecer el desierto” fue posiblemente una de las fuerzas motrices iniciales de la economía de Israel, y se construyó la Red Nacional de Distribución de Agua para transportar el agua del norte al sur del país. Los asentamientos, la seguridad alimentaria y el desarrollo agrícola han aumentado la presión sobre las fuentes de agua. El aumento del crecimiento de la población y el gran influjo de emigrantes han creado una carga adicional sobre las fuentes que ya están sobreexplotadas y ambientalmente degradadas. Los resultados de lo anterior son niveles bajos de agua dulce y la degradación de las fuentes de agua existentes. Se han utilizado muchos instrumentos políticos para responder a estos problemas. Este estudio se enfoca en los programas de precios para el uso del agua en diversos sectores.

* La información estadística para Israel se proporcionó bajo la responsabilidad de las autoridades israelíes correspondientes. El uso de dicha información por parte de la OCDE se efectúa sin menoscabo del estatuto de los Altos del Golán, Jerusalén Oriental y los asentamientos israelíes en Cisjordania, bajo los términos de las leyes internacionales.

Características de diseño

Para responder a la escasez del agua en Israel con la promoción del consumo reducido y el reciclaje del agua, se han implementado señales de precios fuertes en la política del agua de Israel. Existen tarifas diferenciadas para los sectores agrícola, industrial de vivienda y turismo.

Como en todos los sectores, existen precios de agua progresivos para la agricultura, con base en el nivel de cuota de los campesinos individualmente. Sobre el periodo de diez años de 1995 a 2005, los precios reales del agua aumentaron considerablemente, de acuerdo con el Cuadro B.1. Además de los precios del agua dulce, que se describen a continuación, se puede otorgar a los usuarios agrícolas el uso del agua marginal, reciclada, y el uso del agua salina para sus operaciones, que tienen un precio con descuentos considerables en comparación con el uso del agua dulce.

Cuadro B.1. Precios agrícolas del agua dulce en Israel
USD por m³ según los precios de 2005

Nivel	1995	2005	Incremento (%)
A	0.165	0.282	70.9
B	0.199	0.335	68.3
C	0.267	0.441	65.2
Promedio	0.196	0.330	68.3

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318167>

Para los usos agrícolas, se calculan los escalones de precios que se aplican a las cantidades, de acuerdo con las cuotas específicas a la agricultura. No se garantiza la disponibilidad del agua más allá de la cuota asignada, pero las “cuotas” no son barreras. Las granjas pueden utilizar más de su cuota, en la mayoría de los casos, pero se paga un precio más alto para el uso superior a la cuota que si se utiliza menos de la cuota. Debido a que cada agricultor puede ajustar su uso dentro de estos intervalos, el rango de precios marginales de cada agricultor tiende a reflejar el valor marginal real del agua de esa granja (a menos que no se utilice completamente la cuota). Más aun, las cuotas individuales sirven para diferenciar los precios del agua entre los usuarios, ya que determinan los niveles en los que se presentan los escalones de las tarifas.

La creciente escasez del agua y las desigualdades en los precios han generado preguntas con respecto a los subsidios agrícolas para el agua y la eficiencia social del sector agrícola bajo la estructura actual. La sequía de principios de 1990 resaltó el potencial para la asignación del agua lejos de la agricultura. Debido en gran parte a los años sucesivos de sequía, en 1990 y 1991, aumentó el precio real del agua para la agricultura, y se redujo la cuota como medio para manejar la escasez temporal. Aumentaron los precios agrícolas del agua alrededor de 47% entre julio de 1990 y mayo de 1992, para el nivel de uso de alrededor de 80%-100% de la cuota, lo que sugiere una reducción considerable en el subsidio indirecto a la agricultura. Recientemente, se redujeron las cuotas por lo menos 40%.

Los usuarios industriales también tienen cuotas de agua individuales y pagan un precio más alto para el uso excedente a dicha cuota. Las cuotas industriales se establecen individualmente de acuerdo con las normas de producción. Las empresas pueden emitir solicitudes para el aumento de su cuota al expandir sus empresas. La industria pagó apro-

ximadamente el mismo promedio de precios que los de la agricultura entre 1966 y mayo de 1994, pero se ha pagado aproximadamente 35% más que en la agricultura desde entonces. Actualmente, los precios del agua para la industria son similares al precio en la explotación que pagan las municipalidades.

El agua para los usuarios de las viviendas se suministra por parte de las municipalidades o los consorcios locales de agua, que compran a los precios establecidos o extraen el agua localmente, pagando el impuesto gubernamental sobre la extracción, y los venden a los residentes a precios mucho más altos. Las tarifas cubren, y más, los costos locales de suministro del agua. Se mide el consume del agua, y los usuarios se enfrentan cada vez más a las tarifas de precios por bloque. Todas las viviendas enfrentan el mismo programa de tarifa de bloque. Los consumidores domésticos pagan el agua de acuerdo con tres tarifas de bloque incrementales: el primer nivel cubre los primeros ocho metros cúbicos por mes por familia de hasta cuatro personas, el segundo nivel cubre siete metros cúbicos adicionales por mes, y el tercer nivel refleja cualquier consumo por mes adicional a esto. Las familias con más de cuatro miembros tienen derecho a solicitar veinte metros cúbicos adicionales por mes, bajo un precio reducido. La tarifa promedio es de USD 1.02 por m³, y el tercer nivel es aproximadamente el doble del primer nivel, como se muestra en el Cuadro B.2.

Cuadro B.2. Precios del agua de uso doméstico en Israel
ILS por metro cúbico bajo precios nominales

Nivel de consumo	2004	2005	2006	2007	2008	% de cambio
Nivel C: Para consumo superior a 15 m ³ por mes	6.132	6.648	6.471	6.695	7.648	24.7
Nivel B: De 8m ³ a 15 m ³ por mes	4.342	4.779	4.651	4.811	5.495	26.6
Nivel A: Los primeros 8m ³ por mes	3.042	3.521	3.329	3.444	3.934	29.3

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318186>

Cabe hacer notar, por supuesto, que los precios del agua son sólo una faceta de la política del agua en Israel. Al igual que otros países de la OCDE, la política del agua consta de diversos temas interrelacionados: las políticas públicas relacionadas con la captación y el suministro, el transporte y la distribución del agua, las políticas públicas de las aguas residuales y las políticas públicas dirigidas a la reducción de la demanda de agua. Todos estos factores tienen impactos en la demanda del agua y los incentivos para la innovación en los precios del agua, y puede resultar difícil investigar la efectividad (tanto en la innovación como en materia ambiental).

Efectividad ambiental

Históricamente, la agricultura ha utilizado alrededor de 70% del agua en Israel, pero su participación ha disminuido desde mediados de la década de los ochenta. En los últimos años, el sector agrícola ha dependido más del agua de reciclaje y salina como fuentes para la irrigación, lo que explica el 50% de la demanda total de agua para la irrigación. Este proceso es el resultado de un esfuerzo masivo no sólo para la conversión a la irrigación por goteo, sino también para la transferencia hacia los cultivos adecuados, la eliminación de árboles de alto consumo de agua, y la replantación con tipos que consumen poca agua, la capacitación de los campesinos a través de los programas de educación y el lanzamiento de campañas de concientización.

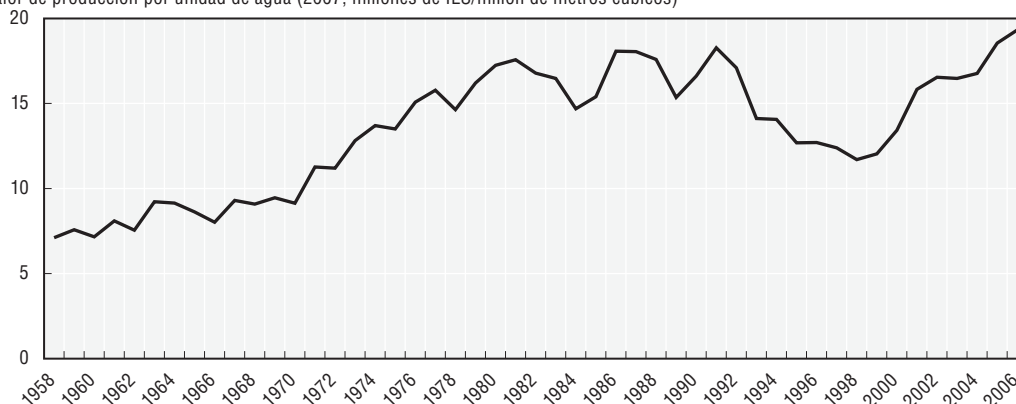
Vale la pena destacar que la disminución del uso del agua potable en la agricultura no induce a una disminución en el valor de la producción agrícola, según se muestra en la Gráfica B.1. Por ejemplo, entre 2000 y 2005, el sector de la fruta se expuso a un recorte de 35% de las cuotas de agua, y al mismo tiempo aumentó su producción en 42%. La posibilidad de que siga disminuyendo la demanda de agua en el sector agrícola depende tanto de las oportunidades para la expansión del uso de las tecnologías de irrigación actuales como del descubrimiento de nuevas tecnologías de irrigación y nuevas fuentes de agua reciclada o salina, como en el caso de los cítricos, donde la mayoría de las plantaciones se irrigan actualmente con agua regenerada, o, en el caso de la acuicultura, el uso del agua salina.

De hecho, el uso absoluto del agua para la agricultura ha disminuido incluso como porcentaje de las cuotas de uso de agua impuestas por las políticas públicas. En 1991 se redujeron las cuotas de agua para la agricultura, como resultado de la sequía, pero el uso del agua no incremento como consecuencia en el momento que se volvieron a incrementar las cuotas. Más allá del incremento continuo de la eficiencia en el uso de cada unidad de agua, el uso reducido en relación con la cuota se explica por los cambios en la estructura de precios de agua para la agricultura, y por el hecho de que el precio del agua aumentó 100% durante la última década.

Los cambios en el uso del agua en el sector agrícola en los últimos años indican que las granjas no responden a los cambios en el precio. Por ejemplo, un aumento de 11.7% en los precios del agua resultó en un aumento de 2.4% en la cantidad de demanda de 2003 en comparación con el año previo. En 2005, el aumento de 12.4% en los precios del agua creó un impacto mayor en la reducción de la demanda de 2.3% en comparación con el año anterior. Este aumento en el precio mantuvo la tasa de uso de los campesinos en 74.5% del total de la cuota asignación para el año 2005. El valor total del agua como fracción total de los insumos para la producción agrícola fue de 7.9% en 2003, lo que aumenta el significado del agua en los presupuestos de los campesinos, y por tanto crea una motivación mayor para el ahorro del agua.

Gráfica B.1. Valor de la producción agrícola por unidad de agua de irrigación

Valor de producción por unidad de agua (2007, millones de ILS/millón de metros cúbicos)



Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317578>

Muchas granjas que fueron capaces de adaptarse al programa de precios progresivo, alcanzaron un rango de precios de agua menor al reducir su uso en relación con la cuota. La reducción del uso de agua agrícola nacional como porcentaje de la cuota, de 89% en 1990 a

70% en 1992, sugiere que muchos de los campesinos se trasladaron a los rangos de precios más bajos. Por tanto, el precio marginal del agua (el promedio entre todos los agricultores) aumentó menos que el aumento promedio de 47% en el programa de precios.

Para sobrellevar el aumento en la escasez del agua, se efectuó una inversión pública considerable en la tecnología de irrigación altamente eficiente, de manera concurrente con la reducción de las cuotas, y la introducción del programa de precios progresivos del agua. Los aspersores computarizados y los sistemas de irrigación por goteo han contribuido al aumento en la eficiencia del uso del agua en la agricultura. Evidentemente, la tecnología para el ahorro del agua ha generado la reducción de la demanda de agua para la agricultura.

Muchas de estas ganancias han recibido el apoyo de las inversiones públicas. Por ejemplo, las inversiones gubernamentales específicas, dirigidas hacia la agricultura, incluyen el apoyo para la eliminación de las plantaciones marginales y la plantación de árboles que ahorran agua, como el olivo y el almendro, así como el uso de las tecnologías de ahorro de agua, como la irrigación por goteo. Estas medidas son adicionales a los programas de expansión de la disponibilidad de agua reciclada y salina y otras iniciativas gubernamentales para reducir el consumo del agua.

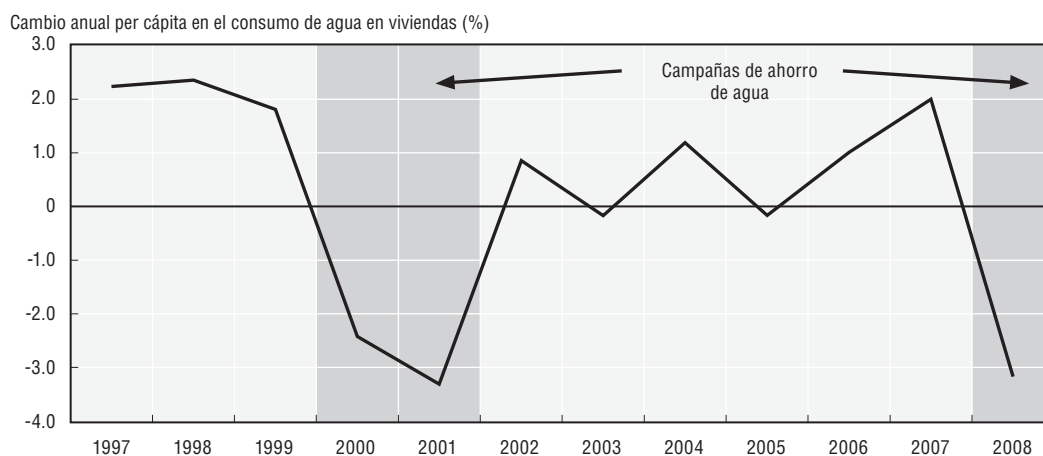
El uso industrial del agua incrementó aproximadamente 3.5% por año entre 1960 y 1980, 1.7% por año entre 1980 y 2000, y disminuyó 7.4% entre 2002 y 2004, tal vez en anticipación al aumento de precio debido a la desaceleración económica. Aproximadamente 22% del agua que consume la industria proviene de fuentes salinas y marginales. A pesar de la desaceleración gradual en el crecimiento de la demanda hasta el año 2000, y la reducción absoluta de la demanda desde 2002, ha aumentado constantemente el valor de producción industrial por unidad de uso de agua, y se espera que el consumo industrial del agua aumente en el futuro en proporción con la población, con la corrección por la reducción que se alcance con la mejora en la eficiencia de los procesos de producción industrial que utilizan agua. Los reglamentos ambientales estrictos relacionados con la calidad los de afluentes industriales imponen en la industria contaminante la responsabilidad de tratar el drenaje industrial en el sitio de la fábrica, antes de salir de la planta y que llegue a las instalaciones de drenaje público. El costo del tratamiento y las operaciones relacionadas, junto con el costo de adquisición del agua y los impuestos sobre el drenaje, implican una pérdida en la ganancia potencial, y por tanto motivan a la industria a conservar el agua, desarrollar procesos de producción que ahorren el agua, e incrementar el uso del agua reciclada y marginal en las operaciones industriales.

El consumo de agua en las viviendas en Israel se ha incrementado aproximadamente 2.5% por año. Alrededor de 80% de este crecimiento se debe al crecimiento de la población, y el resto se atribuye al aumento de los ingresos. Se prevé que la creciente demanda debida al crecimiento de la población cause una escasez de agua grave, pues en los últimos años ha aumentado considerablemente la demanda de agua en este sector. Por ejemplo, entre 1970 y 1980, aumentó 56%, entre 1980 y 1990, aumentó 28.5%, de 1990 a 2000, aumentó 37.4%, y de 2000 a 2005, se ha estabilizado relativamente el aumento con sólo 8%. La demanda de agua doméstica per cápita refleja un aumento en el nivel de vida. En 1970, la demanda per cápita fue de 79.3 m³, 94 m³ en 1980, 100 m³ en 1990, y desde entonces se ha estabilizado relativamente en 102.32 m³, en 2005.

Generalmente, los usuarios domésticos no se ven afectados por los precios del agua, y la demanda permanece relativamente inelástica ante los incrementos en el precio del agua. Están establecidos los reglamentos y las leyes, tal como limitar la irrigación en jardines privados a los meses especificados, y medir las cantidades que se utilicen, prohibir el lavado

de automóviles con manguera, el uso de excusados de doble descarga, dispositivos de ahorro de agua para los grifos y las cabezas de regadera, etc., pero rara vez se hacen respetar, a menos que se anuncie oficialmente un año de sequía. Las campañas nacionales para el ahorro del agua han demostrado su efectividad en la reducción del consumo durante la permanencia de la campaña. La campaña mediática de 2000-2001 para el ahorro redujo exitosamente el consumo de agua en las viviendas, en un 6%, y con un presupuesto de alrededor USD 2.3 millones. En 2008, la campaña nacional para el ahorro del agua tuvo un impacto descendente en el consumo del agua, de 3.3%, en relación con 2007. Sin embargo, al concluir la campaña, comenzó a aumentar nuevamente el consumo del agua en el hogar, como se muestra en la Gráfica B.2. Esto sugiere que las campañas para el ahorro del agua se deben enfocar en las herramientas y los métodos que generarían un ahorro de agua a largo plazo (por ejemplo, la educación y la tecnología).

Gráfica B.2. Impacto de las campañas nacionales de ahorro de agua



Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317597>

Es importante enfatizar que si se alcanza un ahorro significativo en el sector doméstico, esto tiene el potencial de retrasar la inversión costosa en las plantas desalinizadoras. Por ejemplo, una reducción de 5% en el uso doméstico del agua se puede comparar con una planta desalinizadora con una capacidad de producción de 35 millones de m³ por año, como una planta que está actualmente en construcción.

Además, la política del agua tuvo efectos en las mismas empresas de agua. El agua que se pierde debido a las fugas en las municipalidades locales alcanza 10% en promedio. Las municipalidades están sujetas a sanciones si las cantidades de agua no facturadas exceden 12% el total de agua que consume el poblado. Las municipalidades hacen un esfuerzo por reparar las fugas debido a que el agua que se pierde dentro del sistema también representa un desperdicio del ingreso de dichas municipalidades. A pesar de esto, en muchas municipalidades se fracasa en el manejo y mantenimiento adecuado de su infraestructura de agua.

Una evaluación común es que las Corporaciones de Agua Urbana, motivadas con fines de lucro, incrementarían la eficiencia del uso del agua en las áreas urbanas (por ejemplo, la compostura de las infraestructuras que presentan fugas, etc.). A finales de 2008, catorce corporaciones de este tipo operaban en Israel, ofreciendo sus servicios

en veinte municipalidades y 35% de la población urbana. Las municipalidades todavía suministraban el resto del consumo urbano de agua en 170 poblados. Las pérdidas de agua reportadas por las Corporaciones de Agua Urbana revelan cifras más altas que las que se reportan previamente al establecimiento de las corporaciones. Esto podría sugerir que la motivación empresarial de las corporaciones de agua les impulsa a medir las pérdidas de manera más precisa, para arreglar la infraestructura y evitar la pérdida de agua, y por ende el dinero. En una ciudad, por ejemplo, la pérdida de agua se calculó en 14% antes de establecer la corporación, y un año más tarde se calculó en 24%. Después de dos años, la corporación ya había reducido la pérdida de agua a 19.5%.

Efectos en la innovación

Se pueden establecer diversas medidas para indicar la innovación tecnológica. Estas medidas pueden incluir el crecimiento de las exportaciones, la inversión en la investigación y el desarrollo como participación del PIB, el ahorro del agua y las fugas/pérdidas en las redes del agua.

En los últimos años ha disminuido dramáticamente la pérdida de agua en las municipalidades de Israel, a un promedio nacional de 10% en 2007 del total del agua consumida en las municipalidades (en comparación con el promedio europeo de alrededor de 25%). Las tecnologías de detección de fugas contribuyen a esta medida. Otro indicador es el valor de la producción agrícola por metro cúbico de agua irrigada, que indica un aumento de cuatro veces el valor de producción agrícola real por metro cúbico de agua sobre un periodo de cuatro décadas. Esto significa que el sector agrícola de Israel produce mucho más por metro cúbico que se utiliza, pero también con una cantidad mucho menor de agua, y especialmente de agua potable. Un ejemplo adicional es la habilidad de incrementar el ingreso de las ventas de agua en las áreas urbanas al introducir un sistema dinámico de control de la presión para minimizar el uso energético y la pérdida de agua, y maximizar las ventas de agua. Un proyecto piloto que se llevó a cabo en regiones de Jerusalén indicó un aumento de 10% en los ingresos por ventas de agua.

Las herramientas de la política pública y los incentivos económicos tienen un impacto en la innovación tecnológica, y parecen ser catalíticos para el progreso tecnológico ya sea para aumentar la eficiencia del uso del agua y/o incrementar la rentabilidad donde se utilizan precios o cuotas de agua. Los ejemplos principales son: las cuotas de agua en el sector agrícola impulsó a los agricultores a ahorrar agua, y por tanto motivó el avance de la innovación en la irrigación por goteo en la que es altamente eficiente el uso del agua. Los precios más altos del agua potable para la irrigación fueron un aspecto catalítico para el avance en las tecnologías de tratamiento de las aguas negras y su reutilización para la irrigación. A esto le siguió un incentivo económico en la forma de precios más bajos en el uso del agua tratada para la irrigación. La estricta política pública ambiental en material del desecho del drenaje también contribuyó a un rango de desarrollos tecnológicos en las tecnologías del tratamiento del agua. Los altos precios del agua doméstica e industrial han contribuido a los dispositivos de ahorro de agua en el caso del uso doméstico y la irrigación pública. Las multas a las municipalidades por las pérdidas de agua superiores a 12%, crearon incentivos para el desarrollo del equipo de detección de pérdidas de agua y de presión de agua dinámica. Los incentivos económicos y el apoyo a las iniciativas privadas para la mejora de la calidad del agua en los pozos cerrados de agua potable también resultaron en la mejora de las tecnologías de tratamiento de agua de escala baja.

De tiempo en tiempo, debido a las sequías cíclicas, especialmente cuando las sequías han durado varios años consecutivos, o cuanto la economía experimenta un aumento drás-

tico en el consumo (por ejemplo, el gran influjo migratorio que se observó a mediados de los años 90), los sistemas administrativos y económicos reaccionaron con cambios discretos en los precios y/o las cuotas. Los periodos de sequía a finales de los años ochenta impulsaron el establecimiento de un programa de cuotas de tres niveles para el sector agrícola, donde se comenzaron a vender las cuotas con una tasa progresiva. Las granjas se ajustaron al adoptar tecnologías de ahorro de agua y las prácticas agrícolas relacionadas, para reducir el consumo del agua. Los años en que el país tuvo cantidades de fuentes renovables de agua cerca del nivel promedio de varios años, los precios del agua se ajustaron sólo de acuerdo con el índice de precios al consumidor. En los años que se caracterizan por la escasez de agua o las alzas de consumo importantes, se podría observar un aumento en la motivación para la búsqueda de soluciones tecnológicas, ya sea impulsando la innovación o adoptando simplemente tecnologías que previamente no eran viables. Por ejemplo, los últimos cinco años consecutivos de sequía resultaron en un aumento significativo en los precios del agua. En 2009, se impuso una tarifa adicional para el “uso excedente” en el sector doméstico, para disuadir el uso excesivo del agua. Durante estos años, se pudo observar el establecimiento de la puesta en marcha de tecnologías para el agua, además de la implementación de tecnologías de toda escala, desde los aparatos para el ahorro de agua en el hogar hasta los medidores de agua de lectura precisa, al establecimiento de plantas desalinizadoras nuevas. Además, las actividades de observación más estrictas y la litigación en el área de la disposición del drenaje urbano e industrial, han incrementado la innovación y adopción de las tecnologías de tratamiento del drenaje en diversas formas.

Aunque es único y dinámico, el mercado de Israel es pequeño y presenta una oportunidad limitada para el crecimiento local. Además, aunque ha mejorado en años recientes, el mercado carece del reconocimiento del potencial mundial en el gobierno y los sectores privados. Existen deficiencias en el apoyo financiero gubernamental en la industria, y no existen muchos fondos de capital de riesgo que estén dispuestos a apoyar I+D de gran escala. La falta de financiamiento para la construcción de plantas de sitio beta retrasa la entrada a los mercados internacionales.

Sin embargo, las políticas públicas han tenido un gran impacto en el sector del agua en Israel. A partir de 2007, operaban 270 compañías de agua en Israel, las cuales empleaban cerca de 8 000 personas. Alrededor de 60 de las 270 compañías eran compañías de arranque, que se establecieron después de 2001, y estaban involucradas en I+D. Además, las exportaciones en el sector de la tecnología del agua aumentaron de USD 700 millones en 2005 a alrededor de USD 850 millones en 2006, lo que equivale a un aumento de 21%. En 2007, se estimaron las exportaciones en USD 1 100 millones aproximadamente, equivalente a un aumento de 28% en comparación con el año previo.

Las tecnologías del agua que se relacionan con la demanda, como la tecnología para la irrigación de consumo eficiente de agua, se calculó en USD 300 millones en 2007, un crecimiento de 30% por año, producidas por tres compañías importantes en Israel. Otra área de la tecnología que está creciendo rápidamente y se orienta al uso del agua en el hogar es el monitoreo y los medidores de agua. Del lado de la oferta de agua, alrededor de 50 compañías asociadas con el sistema de conducción, válvulas, etc., han empleado alrededor de 3 000 empleados y generado USD 430 millones en 2007. Las empresas desalinizadoras operan en mayor escala en Israel en los últimos años, a partir del apoyo político para la producción de la desalinización del agua marina. Previamente, las empresas operaban en el extranjero principalmente. El área de las tecnologías del agua residual atrae compañías de arranque, y alrededor de 60% de los arranques en las tecnologías del agua se presentan en esta área.

Conclusiones

El estudio de caso de Israel resalta claramente el poder de los precios para inducir el cambio de conducta entre los usos del agua, y los cambios que se observan en el tipo de agua que se utiliza para la agricultura son un ejemplo claro de la eficiencia de la agricultura en relación con el uso del agua por unidad de producción. Los precios también estimularon la adopción de la innovación, como en el caso de equipo nuevo de irrigación o las nuevas técnicas de ahorro de agua. Al mismo tiempo, el impacto contemporáneo de los esfuerzos del gobierno para encontrar medios innovadores de asegurar las fuentes de agua dulce (como a través de las plantas desalinizadoras) expandieron aún más la innovación en esta área. Por estas razones, resulta difícil proporcionar relaciones claras entre los precios del agua y la creación de la innovación.

Para más información acerca de la política pública del agua en Israel, la versión completa del estudio de caso (OCDE, 2009) está disponible en [www.oilis.oecd.org/oilis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfard\(2008\)36-final](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfard(2008)36-final).

Referencias

OCDE (2009), *The Influence of Regulation and Economic Policy in the Water Sector on the Level of Technology Innovation in the Sector and its Contribution to the Environment: The Case of the State of Israel*, OCDE, París, disponible en [www.oilis.oecd.org/oilis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa-rd\(2008\)36-final](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa-rd(2008)36-final).

ANEXO C

Los impuestos sobre el combustible y las normas de emisión vehicular entre los distintos países

Este estudio de caso analiza los efectos de los reglamentos en materia de las emisiones, los estándares de eficiencia del combustible, los precios de la gasolina y los impuestos sobre la gasolina, en la innovación en la industria de los vehículos motorizados, con un enfoque en los Estados Unidos, Alemania y Japón. El estudio encontró que los reglamentos relacionados con los estándares de las emisiones han inducido generalmente la innovación en las áreas asociadas (por ejemplo, la reglamentación de las emisiones de óxido de nitrógeno y las innovaciones en el diseño de motores). No son igual de directos los efectos de los precios de la gasolina y los impuestos sobre la gasolina en las patentes. Los impuestos sobre los combustibles (que se pueden predecir) tuvieron un impacto en las innovaciones relacionadas con la eficiencia del combustible, mientras que no fue igual en el caso de los precios de la gasolina y los estándares de eficiencia del combustible. Sin embargo, un análisis más profundo de la interacción entre los precios y los impuestos resalta algunos de los problemas empíricos que resultan del análisis de los impactos de la innovación en los impuestos.

Justificación para políticas ambientales

En la combustión del combustible, el uso de los vehículos motorizados causa un amplio rango de problemas ambientales, multiplicado por los niveles de uso de los vehículos motores alrededor del mundo: la niebla tóxica o smog, la lluvia ácida, el cambio climático y otros. Los gobiernos han utilizado muchos instrumentos para combatir varios problemas: los impuestos fiscales, los estándares reglamentarios sobre ciertos contaminantes, los impuestos sobre los vehículos y su manejo, y los estándares de eficiencia de los combustibles. Este estudio se enfoca en los impuestos sobre el combustible y los estándares reglamentarios (tanto para los contaminantes específicos como para la eficiencia del combustible).

Por un lado, los resultados ambientales claramente son la prioridad en relación con el uso de los enfoques reglamentarios, los cuales han establecido los límites superiores de las intensidades de contaminación (o la eficiencia del combustible) para así lograr las reducciones significativas de los niveles de las emisiones. Por otro lado, es menos claro el razonamiento para los impuestos sobre el combustible. Estos instrumentos se han imple-

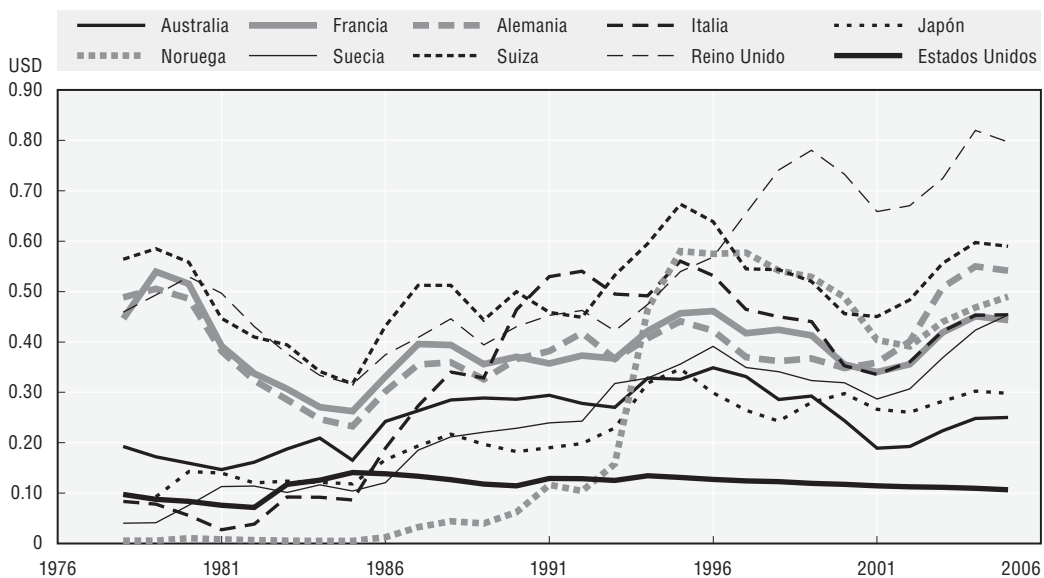
mentado históricamente porque ofrecen una base relativamente estable sobre la cual se pueden gravar los impuestos, y por lo tanto representan una fuente de ingreso para los gobiernos. Aunque no tuvieran la intención de tener un impacto ambiental en los primeros años, el aumento de los impuestos puede afectar la cantidad de combustible que se utilice y los tipos de combustible que compren los conductores. Durante las últimas décadas, los impuestos sobre el combustible se han visto como un instrumento para alcanzar las metas ambientales, tal como los impuestos diferenciales y los combustibles sin plomo.

Características de diseño

Impuestos sobre los combustibles

Los impuestos sobre el combustible se utilizan en todos los países de la OCDE, y generalmente representan una fuente significativa de ingresos para los gobiernos. El desarrollo en el tiempo de los impuestos especiales sobre el diesel se presenta en la Gráfica C.1; y las tendencias son similares para la gasolina sin plomo. Existen diferencias importantes entre los distintos países, especialmente entre Estados Unidos, Japón y Alemania. Según su valor nominal, la variación parece ser similar, especialmente debido a que las tarifas especiales (reales) en Estados Unidos fueron relativamente constantes a lo largo del tiempo. Parece existir cierta convergencia para los miembros de la Unión Europea, debido a los esfuerzos de armonización y la implementación de la tasa especial mínima para diesel dentro de la Unión Europea. Tanto Japón como Estados Unidos presentaron niveles relativamente bajos hasta 1985, mientras que Alemania redujo sus tarifas rápidamente para alcanzar casi el mismo nivel en este año. Desde entonces, Alemania incrementó sus niveles gradualmente a lo largo del tiempo, especialmente después de 2000, y Japón siguió aproximadamente este patrón, pero con niveles significativamente menores.

Gráfica C.1. Tasas de impuestos especiales para el diesel en países seleccionados de la OCDE
Tarifas fiscales por litro en USD real de 2000



Fuente: OCDE (2009).

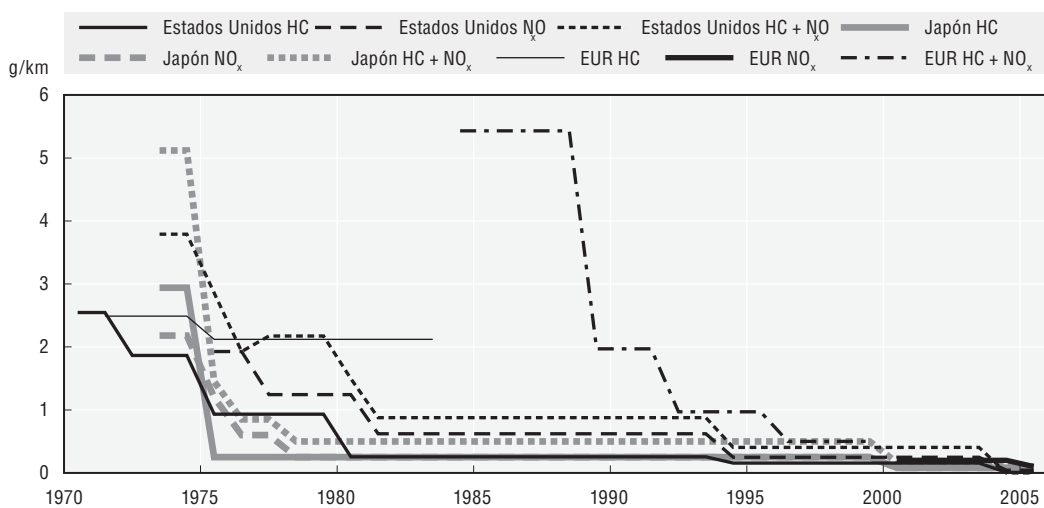
<http://dx.doi.org/10.1787/888932317616>

Estándares de los tubos de escape

Estados Unidos, la Unión Europea y Japón han introducido estándares cada vez más estrictos para los tubos de escape, en cuanto a las emisiones de CO, HC y NO_x y PM. La Gráfica C.2 ofrece un ejemplo del desarrollo en el tiempo de los estándares de HC y NO_x en los Estados Unidos, la Unión Europea y Japón. Se pueden hacer algunas observaciones interesantes sobre el patrón de los reglamentos:

- En EUA se utilizaron los reglamentos desde muy temprano. Las restricciones se volvieron más estrictas en los años 70, tanto para los vehículos a base de gasolina como para los vehículos a base de diesel, pero permanecieron generosas desde esta iniciativa inicial. Las restricciones generales siempre han sido mucho más relajadas que las de Japón, con la excepción del reglamento sobre HC.

Gráfica C.2. Límites reglamentarios de las emisiones del escape para vehículos a motor de gasolina



Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317635>

- En Japón se introdujeron los reglamentos sobre CO, HC y NO_x un tiempo después de que esto sucediera en los Estados Unidos, sin embargo, fueron bastante estrictos aquí desde su comienzo. Sólo la reglamentación para los vehículos a base de diesel ha sido más flexible, probablemente debido al porcentaje muy bajo de vehículos que funcionaban a base de diesel durante el periodo de muestra.
- La Unión Europea implementó tardíamente y con relativa flexibilidad los reglamentos sobre los gases de escape, desde el principio, probablemente debido a su poder reglamentario inicial limitado. Desde la introducción del estándar de Euro I en 1992, el proceso de establecimiento de estándares en la Unión Europea ha alcanzado rápidamente (y a veces parece prevalecer arriba de) el nivel de rigidez de los reglamentos en los Estados Unidos bajo el Euro III. Aunque se debe tener cuidado en las comparaciones basadas en los estándares absolutos, ya que las diferencias de nivel parecen haber disminuido con el paso del tiempo y los reglamentos de Japón siguen siendo los más estrictos para los tres gases que se consideran.

- La diferencia entre la reglamentación de los vehículos a base de gasolina y diesel puede ser considerable, especialmente en la Unión Europea, donde los vehículos de diesel obtuvieron una participación importante en el mercado desde el inicio. Los estándares de CO se volvieron aun más estrictos para los vehículos a base de diesel, en comparación con los vehículos a base de gasolina, a partir de 1996. En los Estados Unidos, donde los vehículos a base de diesel conforman sólo una pequeña porción del transporte de pasajeros, no existen tales diferencias para el caso de CO; y Japón tiene estándares similares. En cuanto a la reglamentación de HC y NO_x, se observan diferencias importantes. Especialmente en la Unión Europea y Japón, donde los estándares siempre han sido considerablemente estrictos para los vehículos que funcionan a base de gasolina.
- Es relativamente reciente la reglamentación sobre las partículas (PM). En este caso, la reglamentación comenzó en 1990, con la Unión Europea por delante. De hecho, incrementó rápidamente el porcentaje de vehículos impulsados por diesel en los años 80, especialmente en Alemania, donde es relativamente bajo el impuesto sobre el diesel (en comparación con la gasolina). En Japón, cuando aumentó gradualmente el porcentaje de diesel, también se reforzó la reglamentación. La Unión Europea tomó la iniciativa con sus estándares Euro I-III en los años 90. A partir del año 2000, se observaron más restricciones en todas las áreas.

Reglamentación sobre la calidad del combustible

La reglamentación sobre la calidad del combustible se relaciona principalmente con la calidad de la tecnología de combustión por un lado, y las emisiones de CO, HCs, NO_x y PM por otro lado. En particular, se han utilizado los aditivos antidetonantes para mejorar la resistencia a la detonación de las mezclas de combustible. La motivación original fue para mejorar el potencial de combustión del combustible (y por lo tanto incrementar la potencia y duración de los motores). En el pasado, se utilizaban varios aditivos que contenían plomo debido a que era el modo más económico de aumentar los niveles de octanaje. Sin embargo, las consideraciones ambientales y de la salud de los contaminantes del aire relacionados con el plomo (además de la incompatibilidad del plomo con el uso de los convertidores catalíticos) impulsó la búsqueda de las alternativas.

Como resultado se introdujeron los estándares de plomo, creando así la desaparición gradual de la gasolina con plomo en los Estados Unidos entre 1970 y 1980. La eliminación del plomo en Japón, uno de los primeros países de la OCDE en reducir el nivel de plomo de la gasolina, también se efectuó de manera gradual. Japón comenzó la eliminación del plomo en los años 70, y para principios de la década de 1980 sólo 1-2% de la gasolina contenía plomo. En Japón ya se ha eliminado por completo la producción y el uso de la gasolina con plomo. Finalmente, en Europa, Alemania fue el primer país que adoptó los estándares de control del nivel de plomo en la gasolina. En 1981, La Unión Europea estableció un estándar de 0.4 gramos de plomo por litro de gasolina, quedando así alrededor de una década detrás de la ley en Alemania. A partir de octubre de 1989, todos los estados miembro de la Unión Europea debían suministrar gasolina sin plomo, con un máximo de 0.15 gramos de plomo por litro. El Tratado de Aarhus, en 1998, requirió que para 2005 se utilizara únicamente la gasolina sin plomo.

Políticas dirigidas directamente hacia la mejora de la eficiencia del combustible

Los requisitos obligatorios de eficiencia de combustible, que se aplican usualmente al promedio de una flota de vehículos con pesos específicos, son excepcionales en todo el mundo. De hecho, el único ejemplo es la aplicación de los estándares del Promedio Corpo-

rativo para la Economía del Combustible (CAFE) que se introdujo en Estados Unidos en 1978. Después de un aumento inicial en cuanto a la exigencia, se relajó dicho aumento gradual después de 1984, cuando se consideró bastante estricto. Sin embargo, desde 1989, el estándar no se ha modificado. En cambio, se han aplicado programas voluntarios con mayor frecuencia en los países de la OCDE, como Alemania y Japón, por ejemplo. Recientemente, muchos países han negociado con los fabricantes e importadores de automóviles para mejorar más todavía la eficiencia y así reducir los gases de efecto invernadero relacionados con el uso vehicular, como el CO₂.

Políticas combinadas

Es importante mencionar que son complejas las relaciones entre los distintos contaminantes y otros factores (la eficiencia del combustible, la potencia, etc.), como se sugiere la Gráfica C.3. Esta cifra sugiere que se obtiene la máxima potencia con una mezcla ligeramente rica (menor aire a combustible), mientras que la máxima economía de combustible se presenta con una mezcla más ligera. Durante el periodo previo a la introducción de la reglamentación de las emisiones, los automóviles se diseñaban para usar mezclas más ricas para obtener mayor potencia y rendimiento.

Sin embargo, una mezcla rica de aire-combustible resulta en la producción de cantidades relativamente altas de CO y emisiones de HC sin quemar, debido a que no hay suficiente oxígeno para completar la combustión. Una mezcla liviana reduce las emisiones de CO y HC, a menos que la mezcla se vuelva tan ligera que se presenten fallas en la combustión. Por lo tanto, después de la introducción de la primera reglamentación sobre las emisiones de CO y HC, en los años 60, en los Estados Unidos, la respuesta inicial de los fabricantes fue el diseño de los vehículos de tal modo que funcionen con una mezcla mucho menos rica (la introducción de dispositivos de mezcla de aire a combustible). La introducción de los convertidores catalíticos, que tienen sus propias especificaciones para la eficiencia, presenta aun más problemas de optimización dentro del rango de temas de la contaminación.

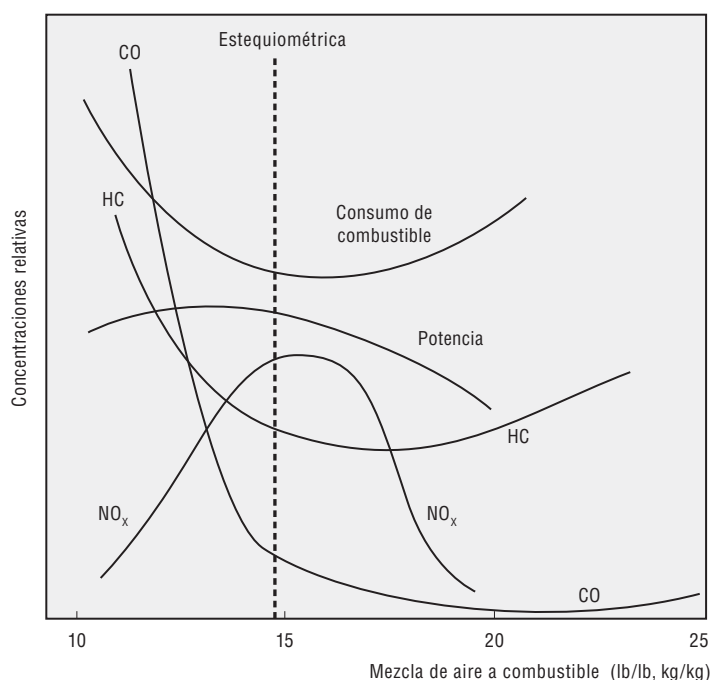
Impactos de las medidas ambientales en la innovación

Son de interés las patentes como indicadores observables de la producción de actividades de I+D en relación con la innovación dentro del sector automovilístico, como resultado de los impuestos, los reglamentos y otras obligaciones. Se supone que la política ambiental, ya sea a través de un estándar o un impuesto específico, señala a los productores (nuevos) que resulta beneficioso desarrollar I+D para cumplir con los requerimientos de los estándares o para reducir los pagos de impuestos. Si este resulta ser el caso, se esperaría un aumento en las actividades de I+D dedicadas específicamente a la invención de tecnologías (productos) nuevos, o la mejora de los existentes, en respuesta al problema indicado por el dispositivo de reglamentación.

Se pueden esperar tecnologías nuevas a partir de la reglamentación y los impuestos que se dirigen a los contaminantes principales emitidos por los vehículos motorizados. monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas (PM), plomo, dióxido de azufre (SO₂) y compuestos orgánicos volátiles (COV). En el sector automovilístico, las tecnologías o los productos nuevos relevantes incluirían no sólo cambios en los vehículos con motores a base de gasolina y diesel, sino también automóviles impulsados por motores completamente nuevos y adicionalmente cambios en el diseño de los vehículos para incrementar la eficiencia del combustible. Pueden ser complejos los efectos de estas políticas sobre las distintas emisiones y existen interacciones entre las

Gráfica C.3. Calibración de motor y niveles de emisiones

Efecto de la mezcla de aire a combustible en las emisiones, la potencia y la economía de combustible (motores de gasolina)



Fuente: Masters y Ela (2008).

políticas que están dirigidas a los distintos contaminantes. Por ello se deben considerar diversos aspectos:

- La reglamentación contaminante por contaminante puede inducir a compensaciones de ingeniería, y por lo tanto pueden resultar en efectos perversos (por ejemplo el estándar de emisiones de NO_x podría incluso incrementar el consumo de combustible y por lo tanto las emisiones de CO₂).
- El tipo de instrumento político generalmente difiere de acuerdo con las emisiones – los estándares de las emisiones (CO, HC, NO_x, PM) versus los impuestos sobre el combustible (CO₂ indirectamente, azufre, y plomo en algunos casos).
- La interrelación entre las distintas variables de interés, como los efectos aditivos de los precios del combustible antes de impuestos y los impuestos sobre el combustible, y el uso conjunto de las medidas políticas para lograr los objetivos comparables (por ejemplo, los impuestos sobre el combustible y los estándares de eficiencia).

Dadas todas estas interacciones diferentes, resulta de gran ayuda categorizar las innovaciones potenciales relacionadas con la eficiencia del combustible en los vehículos y la reducción de las emisiones de contaminación local del aire para los vehículos de combustión convencional. Se sugieren cuatro áreas amplias que ayudarán a identificar el efecto de varios instrumentos en las distintas categorías de la innovación:

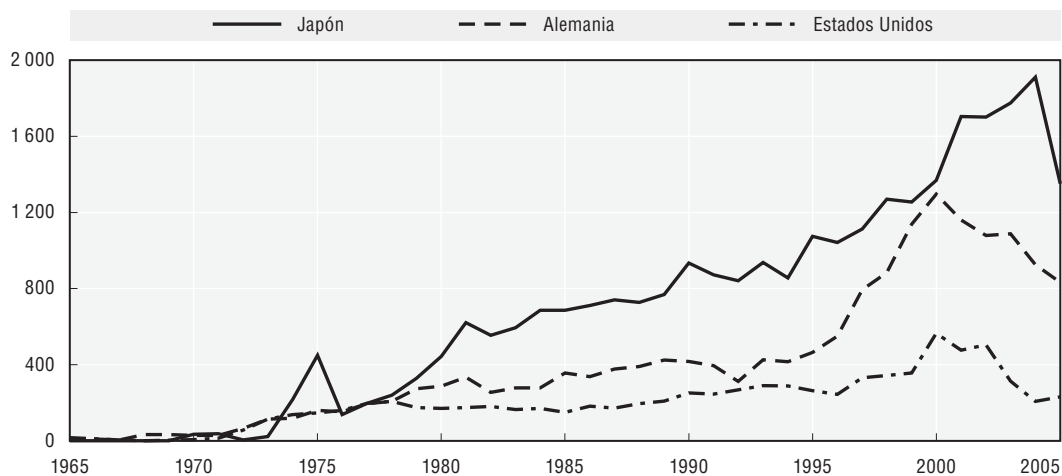
- Primero, las formas típicas de reducción de etapa final de las emisiones para los automóviles son los dispositivos de post combustión (después del tratamiento) que reducen la cantidad de emisiones por kilómetro que se conduce, como los convertidores catalíticos, que disminuyen las emisiones de los tubos de escape (como NO_x, por ejemplo).

- Segundo, la sustitución de insumos se relaciona generalmente con las características de los combustibles y aditivos utilizados para incrementar la productividad y reducir la intensidad de las emisiones del proceso de combustión.
- Tercero, la sustitución de factores suele incluir tecnologías relacionadas con el diseño nuevo de los motores, como por ejemplo, a través de la introducción de las tecnologías de combustión que requieren menos combustible por kilómetro transitado, y por lo tanto reducen las emisiones por kilómetro.
- Cuarto, la sustitución de producción para los vehículos que funcionan a base del petróleo se relaciona usualmente con las medidas diseñadas principalmente para mejorar la eficiencia del combustible a través del diseño alternativo de vehículos, por ejemplo, su aerodinámica u otras características, como la resistencia de las llantas, pero también la sustitución de materiales para disminuir el peso.

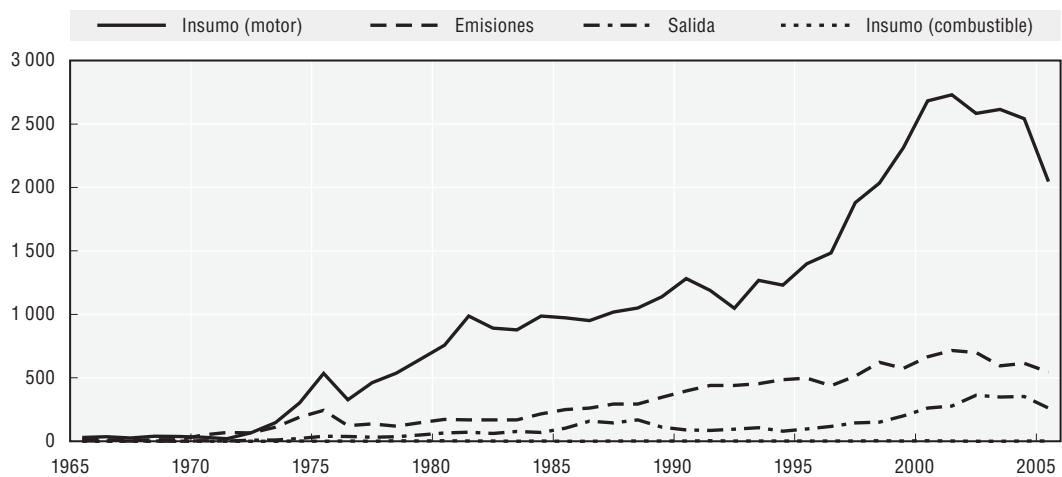
Así como en otras áreas de la innovación relacionada con el medio ambiente, los países más importantes entre los productores principales de automóviles son Japón, Alemania y Estados Unidos, también lo son para las áreas específicas de la innovación que se investigan actualmente. Juntos, estos países representan alrededor de 89% del número total de patentes y Japón registra, por mucho, el número más alto de patentes, con una contribución de casi la mitad del total del conteo (47.2%), seguido de Alemania (28.3%), y Estados Unidos (13.7%).

La Gráfica C.4 muestra la evolución en el número de solicitudes de patentes para Japón, EUA y Alemania durante el periodo de 1965-2005. Casi no se presenta ninguna actividad de innovación en la primera parte de este periodo. A excepción de un incremento súbito alrededor de 1975 en Japón, la actividad de las patentes incrementó de manera regular durante el principio de la década de 1970. Después de un aumento inicial en la actividad de las patentes en los años 70, se estabiliza relativamente hasta 1995, cuando se observa otro aumento considerable durante cinco años, especialmente en Alemania. La actividad general de las patentes incrementó constantemente en estos países hasta el final del periodo de la muestra, y la tendencia fue especialmente notoria y temprana en los casos de Japón y Alemania.

Para describir el momento en el que ocurrió la innovación en cada categoría tecnológica, la Gráfica C.5 describe el número de patentes de cada grupo durante el periodo de 1965 a 2005. Especialmente, el sub-campo tecnológico más grande, la combustión de entrada, muestra un aumento notable en la década de 1970, y nuevamente entre 1995 y 2000, además de una disminución relativa importante a partir de 2002. Las patentes de las tecnologías de los tubos de escape (“emisiones”) muestra un incremento notablemente estable con el paso del tiempo, con un sólo aumento súbito en los años que siguieron 1975 y 1998. En gran medida, la evolución de las patentes en el ámbito de las tecnologías relacionadas con las emisiones es similar al patrón para la combustión de entrada; sin embargo, siempre sucede con un nivel absoluto mucho menos en cuanto a las solicitudes de patentes. Las patentes para las tecnologías que reducen directamente el consumo de combustible a partir de la mejora de la aerodinámica o la resistencia al rodamiento tienden a incrementar constantemente durante la década de 1980, con un alza clara entre 1986 y 1988, y se presenta otro impulso fuerte en los años previos al 2002. Luego, como en el caso de otros campos tecnológicos, vuelve a disminuir nuevamente el grado de patentes. Finalmente, para las patentes relacionadas con las tecnologías de combustible de entrada, casi no parece haber actividad alguna durante el periodo de 1965 a 2005.

Gráfica C.4. Solicitudes de patentes para las tecnologías vehiculares relevantes

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317654>**Gráfica C.5. Solicitudes de patentes para las cuatro categorías tecnológicas**

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317673>

El modelo

El modelo empírico para investigar el efecto de la política pública (estándares, impuestos) y otros factores determinantes de la actividad de invención en las clases principales de tecnología automotriz, toma la siguiente forma:

$$ENVPAT_{i,t} = \beta_1 STD_X_{i,t} + \beta_2 STD_FE_{i,t} + \beta_3 PRICE_{i,t} + \beta_4 TAX_{i,t} + \beta_5 R\&D_{i,t} + \beta_6 TOTPAT_{i,t} + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

donde i es el índice del país y t es el índice del año. La variable dependiente se mide por el número de solicitudes de patentes en las distintas categorías de la tecnología automotriz. La ecuación (1) se calcula para cada categoría por separado. Los recuentos de patentes sólo incluyen las patentes de alto valor (prioridades reivindicadas, depositadas mundialmente).

Las variables explicativas incluyen los estándares de emisiones ($STD_X_{i,t}$), los estándares de eficiencia del combustible ($STD_FE_{i,t}$), los precios del combustible (gasolina) ($PRICE_{i,t}$) y los impuestos especiales sobre el combustible ($TAX_{i,t}$). Todas las medidas políticas varían entre los distintos países y a lo largo del tiempo. Nótese que el enfoque de (1) es en los efectos contemporáneos de la regulación, y las estimaciones relacionadas con el tiempo se dejan a un lado para un trabajo futuro. La variable de control principal es el total de patentes que controla la variación dentro de un país en la propensión general de invención y de tecnologías de patentes con el paso del tiempo ($TOTPAT_{i,t}$). Adicionalmente, se incluyen los efectos fijos de un país (α_i) y, para algunos modelos, los efectos fijos por año (γ_t). Toda la variación restante se captura en el término de error ($\epsilon_{i,t}$).

La dinámica en el mercado vehicular general tal vez se determine con los desarrollos en la reglamentación en estos tres países, debido a la alta participación en el mercado doméstico para estas empresas. En un régimen de comercio no autárquico, el estándar de eficiencia del combustible en un país podría tener repercusiones en la actividad inventiva de otros países. Por lo tanto, se emplea un modelo en el que la variable STD_FE_i representa el estándar de eficiencia más bajo en cualquiera de los tres países, y por lo tanto sólo varía con el tiempo. Cabe notar que las patentes para las invenciones relacionadas con el insumo de combustible no se analizan y reciben muy poca atención.

Resultados

Los resultados presentan una imagen bastante diferente para cada uno de los grupos tecnológicos: i) reducción de las emisiones; ii) sustitución del factor del insumo y diseño de motores; y iii) sustitución del producto. Primero, las tecnologías de reducción de las emisiones se correlacionan principalmente con los estándares de CO y la eficiencia del combustible, pero no es así en el caso de los otros estándares [véase la columna (1) en la Tabla C.1], y tienen un efecto estadísticamente significativo en la actividad inventiva, y también son del signo correcto.* Esto no es sorprendente en el caso de CO, debido a que estas tecnologías reducen el CO del escape de los vehículos. Los estándares de eficiencia del combustible tienen un efecto debido probablemente a que estas invenciones reducen las emisiones, pero también disminuyen la eficiencia del combustible. Por lo tanto, también es posible que las políticas que se dirigen hacia el aumento de la eficiencia del combustible den paso a otras acciones para la optimización de esta compensación.

Los impuestos sobre la gasolina no tienen ningún efecto contemporáneo en las invenciones nuevas en esta área. Sin embargo, existe una correlación negativa muy importante entre el precio de la gasolina y los inventos nuevos. Existe esta correlación negativa entre todas las especificaciones para las tecnologías de reducción de las emisiones, con la excepción de la adición de los efectos fijos en el tiempo [véase la columna (3) de la Tabla C.1]. Sin embargo, agregar los efectos fijos en el tiempo al modelo estándar reduce el poder de explicación de la ecuación (1), lo que sugiere el modelo (1) como el modelo base. Una explicación para esta correlación negativa es que es poco probable que el aumento (o la disminución) de los precios de la gasolina tenga un efecto contemporáneo en las invenciones. Los incrementos súbitos en el precio del petróleo suelen ser inesperados y la primera reacción por parte de los consumidores es reducir el consumo de combustible al conducir menos y comprar

* Nótese que el estándar de eficiencia del combustible se mide en litros de combustible por cada 100 kilómetros conducidos; por lo tanto, el signo esperado de esta variable es negativo. En el caso de los estándares, la medición es de km/g; por lo tanto, el signo esperado es positivo.

Tabla C.1. Resultados empíricos: Tecnologías de reducción de las emisiones

	(1)	(2)	(3)
CO estándar	9.30*** (2.84)	8.33*** (2.94)	9.54*** (2.75)
HC estándar	-0.78 (0.61)	-0.70 (0.63)	-0.95 (0.71)
NO _x estándar	1.60 (4.07)	2.70 (4.24)	-2.93 (5.27)
PM estándar	-0.38 (0.75)	-0.65 (0.80)	-0.13 (0.97)
FE estándar	-3.00*** (1.13)		-0.52 (1.28)
FE estándar (bajo)		-0.09 (1.25)	
Impuesto sobre la gasolina	5.67 (60.76)	39.42 (61.60)	-209.04*** (68.90)
Precio de la gasolina	-67.01*** (22.21)	-96.46*** (22.35)	101.16*** (36.41)
Efectos fijos por tiempo	No	No	Yes
R ² ajustado	0.76	0.74	0.65

Nota: Todas las regresiones incluyen un control del total de patentes y los efectos fijos por país, y se efectuaron con los OLS. También cada uno tiene 108 observaciones y tres agrupamientos. Los valores P en paréntesis, con base en los errores estándar robustos.

* p<0.05.

** p<0.01.

*** p < 0.001.

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318205>

vehículos de consumo eficiente de combustible entre los modelos existentes de automóviles. Esta reacción del lado de la demanda ya reduce las emisiones por sí sólo y por lo tanto indica a los inventores que existe menos presión para la invención de tecnologías nuevas para el control de las emisiones.

Estos resultados básicos son robustos a la exclusión de los estándares correlacionados, como por ejemplo el estándar de emisiones de NO_x. Sin embargo, no existe evidencia para demostrar la hipótesis de que los inventores de las tecnologías de reducción de las emisiones respondan a los estándares de eficiencia de combustible contemporáneos y mundiales más estrictos [véase la columna (2) de la Tabla C.1]. Aunque casi no se ven impactados los otros efectos, desaparece el efecto negativo importante de la reglamentación local. Esto sugiere que los inventores de la tecnología nueva se motivan principalmente por las medidas políticas locales, como se ha observado en otros estudios relacionados con las tecnologías de reducción de SO₂ y NO_x para las plantas de generación eléctrica.

Varían considerablemente los resultados para el grupo tecnológico más importante en términos del recuento, es decir, la categoría de la tecnología de insumos [véase la columna (1) de la Tabla C.2]. Claramente, las emisiones de CO no tienen efecto alguno en el número general de recuento de patentes para las tecnologías subyacentes, mientras que las emisiones de NO_x reflejan un efecto positivo fuerte en este caso. Los estándares de CO y NO_x parecen tener un efecto complementario en este tipo de invención porque el CO se vuelve significativo si el modelo se vuelve a calcular sin el estándar relativamente

problemático de las emisiones de NO_x. Sin embargo, los resultados para HC y PM son algo sorprendentes, ya que ambos estándares parecen reducir la actividad inventiva contemporánea. Tras realizar una observación más cuidadosa de los datos originales de Alemania y Japón, parece que este tipo de actividad inventiva alcanzó su punto máximo a finales de la década de 1990, varios años antes de que se introdujeran las restricciones adicionales, especialmente Euro IV en la Unión Europea. Esto también concuerda con las observaciones de que los reglamentos Euro IV generaron presión sobre la industria automovilística para encontrar nuevos modos de reducir de manera conjunta los contaminantes principales del escape de los vehículos, especialmente en el caso de los vehículos a base de diesel. Esto explica por qué los estándares de HC y PM parecen haber tenido un impacto incluso negativo debido a que se volvieron más estrictos antes (y especialmente después de) el periodo principal de inventiva.

Tabla C.2. Resultados empíricos: Tecnologías de insumos (diseño de motor mejorado)

	(1)	(2)	(3)
CO estándar	-11.58 (8.96)	-15.60* (8.78)	-9.24 (7.41)
HC estándar	-8.83*** (1.91)	-8.13*** (1.88)	-8.36*** (1.91)
NOx estándar	57.05*** (12.83)	62.90*** (12.63)	40.12*** (14.12)
PM estándar	-6.25*** (2.36)	-8.13*** (2.38)	-5.54*** (2.60)
FE estándar	-4.49 (3.55)		0.59 (0.86)
FE estándar (bajo)		8.72** (3.72)	
Impuesto sobre la gasolina	456.34** (191.37)	491.81*** (191.37)	-223.65 (185.62)
Precio de la gasolina	-78.35 (69.96)	-196.32*** (66.64)	468.72*** (98.10)
Efectos fijos por tiempo	No	No	Yes
R ² ajustado	0.90	0.90	0.89

Nota: Todas las regresiones incluyen un control del total de patentes y los efectos fijos por país, y se efectuaron con los OLS. También cada uno tiene 108 observaciones y tres agrupamientos. Los valores P en paréntesis, con base en los errores estándar robustos.

* p<0.05.

** p<0.01.

*** p < 0.001.

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318224>

También es notorio el fuerte efecto positivo del impuesto sobre la gasolina en el nuevo diseño de las tecnologías. Este efecto es más relevante estadísticamente si se vuelve a calcular el modelo con los estándares de eficiencia de combustible más bajos [la columna (2) de la Tabla C.2] o sin el estándar (no significativo) de eficiencia del combustible (no incluido). Sin embargo, este resultado fracasa al pasarlo por diversas revisiones de robustez, incluyendo la adición de los efectos fijos en el tiempo [véase el modelo (3) en la Tabla C.2]. Resulta algo sorprendente que se cambian los signos de los impuestos y

los precios de la gasolina, mientras que sólo el precio de la gasolina permanece significativo cuando se permiten los efectos fijos en el tiempo. Una vez más, la especificación es robusta tanto para la inclusión como la exclusión de las distintas variables en la especificación (1) incluyendo el impuesto sobre la gasolina y el precio de la gasolina, individualmente. Como tal, este resultado no es lo suficientemente robusto como para declarar que el aumento de los impuestos sobre la gasolina induce a las innovaciones en las tecnologías de los motores vehiculares.

Un conjunto final de estimaciones presenta los impulsores principales de las tecnologías de producción, principalmente las tecnologías de mejora de la eficiencia del combustible. Se esperaría generalmente que los estándares de eficiencia del combustible fueran el impulsor principal aquí. Sin embargo, ni estas medidas, ni el efecto positivo contemporáneo en los precios del mercado del combustible parecen haber tenido ningún efecto [véase la Tabla C.3, columna (1)]. Sin embargo, el impulsor más importante es el impuesto sobre la gasolina. El efecto positivo para los impuestos se confirma con otras especificaciones, incluyendo una con el estándar de eficiencia de combustible más bajo [modelo (2)], y un modelo sin estándar de emisiones de NO_x que controlan la multicolinealidad potencial con otros estándares [modelo (3)]. Además, agregar los efectos fijos en el tiempo no cambia esta fuerte correlación [modelos (4) y (5)]. Entonces, incrementar los impuestos sobre la gasolina induce fuertemente la inversión de los inventores en las tecnologías nuevas, especialmente en los inventos que reducen el uso del combustible por kilómetro que se conduce directamente.

Tabla C.3. Resultados empíricos: Tecnologías de producción

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
CO estándar	-2.78** (1.29)	-2.99** (1.27)	3.52*** (0.93)	-1.64 (1.20)	-1.40 (1.16)
HC estándar	-0.97*** (0.28)	-0.91*** (0.27)	-0.14 (0.28)	-0.56* (0.31)	-0.56* (0.30)
NO_x estándar	11.57*** (1.85)	11.96*** (1.83)		6.40*** (2.30)	5.85*** (2.20)
PM estándar	-1.60*** (0.34)	-1.75*** (0.34)	-0.06 (0.28)	-1.31*** (0.42)	-1.24*** (0.41)
FE estándar	0.29 (0.51)		-0.04* (0.60)	0.18 (0.56)	
FE estándar (bajo)		1.06* (0.54)			
Impuesto sobre la gasolina	108.05*** (27.62)	103.00*** (26.55)	106.34*** (32.54)	88.27*** (30.10)	73.40*** (24.52)
Precio de la gasolina	-32.34*** (10.10)	-38.25*** (9.63)	-17.93 (11.58)	-13.87 (15.91)	
Efectos fijos por tiempo	No	No	No	Yes	Yes
R ² ajustado	0.66	0.65	0.63	0.80	0.80

Nota: Todas las regresiones incluyen un control del total de patentes y los efectos fijos por país, y se efectuaron con los OLS. También cada uno tiene 108 observaciones y tres agrupamientos. Los valores P en paréntesis, con base en los errores estándar robustos.

* $p < 0.05$.

** $p < 0.01$.

*** $p < 0.001$.

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318243>

A primera vista, calcular la sensibilidad de las patentes de las tecnologías de producción para fortalecer los estándares de las emisiones, produce resultados similares en comparación con las patentes de las tecnologías de nuevo diseño de motores. Sin embargo, en este caso, los resultados son bastante sensibles a los problemas de multicolinealidad provocados por la inclusión o exclusión del estándar de NO_x . Sin este estándar, las estimaciones producen una historia muy sencilla e intuitiva [véase el modelo (3)]. No solo ya no son significativos los estándares de las demás emisiones (incluyendo las de signo negativo), sino que también tienen los signos esperados el estándar de eficiencia de combustible y el estándar de CO. En este caso también desaparece el efecto negativo del precio real de la gasolina. Estos resultados no cambian fundamentalmente si se controla de acuerdo con los efectos fijos en el tiempo.

Conclusiones

Las intervenciones reglamentarias importantes por parte de los gobiernos en Alemania, Japón y Estados Unidos han inducido intervenciones serias en el mercado del automóvil. En especial, los resultados principales de este estudio de caso incluyen:

- Al inducir la innovación, la presión reguladora (incluyendo los impuestos) es mucho más importante que el cambio de los precios de la gasolina netos antes de los impuestos. Este es el caso específico para las innovaciones contemporáneas, ya que los inventores pueden reaccionar lentamente cuando se les toman por sorpresa (los crecientes precios del petróleo son notablemente difíciles de predecir, y por lo tanto, anticipar).
- Existe evidencia de que los estándares, especialmente de CO, y en menor grado NO_x , se correlacionan estrechamente con los inventos en los grupos tecnológicos principales que se distinguen en el presente trabajo, las tecnologías de reducción de las emisiones (“de emisiones”), el nuevo diseño de motores (“de insumo”) y la eficiencia del combustible (“de producción”).
- Los impuestos sobre la gasolina parecen haber tenido un impacto, especialmente en las tecnologías que incrementan la eficiencia del combustible. Esto puede deberse al hecho de que dichos impuestos los pueden anticipar los innovadores y los fabricantes de automóviles pueden ganar participación en el mercado al vender a los consumidores los vehículos que reduzcan el uso del combustible (debido al aumento de los impuestos especiales sobre el combustible de motor).
- También es interesante mencionar el efecto limitado que se observa para los estándares de eficiencia del combustible, especialmente para los inventos relacionados con la eficiencia de combustible y las tecnologías de diseño nuevo de motores. Para el caso de las tecnologías de reducción de las emisiones, se observa un efecto, pero sólo en relación con las políticas locales, incluyendo los acuerdos negociados.

Resulta claro que estas conclusiones están condicionadas al trabajo adicional que se deberá hacer a futuro. La observación más clara y sencilla es que la metodología de estimaciones que se utiliza hasta ahora se debería perfeccionar más a fondo, así como el uso de los métodos de recuento de datos y la inclusión de otros países. Sin embargo, un punto de mayor importancia es que se podrían construir hipótesis nuevas y convincentes sobre la base de un análisis más profundo de la relación entre la regulación y las tecnologías. Las tecnologías involucradas, así como las intervenciones reglamentarias, tienen dimensiones relevantes que a veces, pero no siempre, se relacionan, como las compensaciones técnicas importantes que se observan en el control de la contaminación. También existen efectos probables a partir de las invenciones, que se limitan principalmente a países específicos,

pero que pueden cruzar las fronteras fácilmente en la forma de las tecnologías incluidas en los modelos nuevos. Finalmente, existe un área con respecto al modo en que interactúan los reguladores y cómo responden a los cambios autónomos o impulsados por la normatividad en el mercado del automóvil. Por ejemplo, el número creciente de automóviles con motores de diesel en Alemania obligó a los reguladores a responder con el aumento de la reglamentación de los tubos de escape, especialmente en el caso de PM, pero también parece haber resultado de la propia política del impuesto sobre el combustible, en vista del gran incremento de los impuestos sobre la gasolina en comparación con los impuestos sobre el diesel.

Para más información acerca de los impuestos sobre el combustible y los estándares de las emisiones, la versión completa del estudio de caso (OCDE, 2009) está disponible en [www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpacfa\(2008\)32-final](http://www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpacfa(2008)32-final).

Referencias

- Masters, Gilbert y Wendell Ela (2008), *Introduction to Environmental Engineering and Science*, Third Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- OCDE (2009), *Fuel Taxes, Motor Vehicle Emission Standards and Patents Related to the Fuel Efficiency and Emissions of Motor Vehicles*, OCDE, París, disponible en [www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-enve-poc-ctpa-cfa\(2008\)32-final](http://www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-enve-poc-ctpa-cfa(2008)32-final).

ANEXO D

Impuesto sobre los compuestos orgánicos volátiles en Suiza

Este estudio de caso analiza los impactos en materia de innovación provocados por el impuesto sobre los compuestos orgánicos volátiles en Suiza. Implementado en el año 2000, el impuesto abarca todas las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV), tanto en la producción como en el consumo de los productos que los contienen. Al enfocarse en tres industrias, el estudio de caso reveló que las empresas implementaron diversas formas de innovación. Sin embargo, la gran mayoría consistió en formas de innovación incrementales y soluciones internas que no se patentaron. También se enfatizaron las barreras que las empresas individuales enfrentan, como los bienes capitales provenientes de un fabricante más grande. El impuesto sobre los componentes orgánicos volátiles también provocó una mejoría ambiental significativa.

Justificación para la política ambiental

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) abarcan una gran variedad de químicos, caracterizados por su habilidad para evaporarse rápidamente y su naturaleza no acuosa. Aunque la definición extensa generalmente incluye sustancias como el metano, hidrocarburos y sustancias que agotan la capa de ozono, con frecuencia la atención se centra en una definición más limitada de sustancias que involucran solventes (alcoholes, acetona, benceno, etc.). Se pueden encontrar en diversos productos como pinturas, barnices y algunos detergentes, y se utilizan en muchas industrias para fines de limpieza, incluida la fabricación de metales y el lavado en seco. Tras su liberación a la atmósfera, éstos interactúan con los óxidos de nitrógeno para formar altas concentraciones de ozono a una baja altitud (smog que se presenta en verano). También se sabe que tienen efectos negativos en la salud humana, observados en los trabajadores que han estado expuestos a los mismos.

Diseño del instrumento

La legislación de la ley de autorización para el impuesto sobre los compuestos orgánicos volátiles entró en vigor el 1° de enero de 1998, y el impuesto recibió un gravamen a partir del 1° de enero de 2000 equivalente a una tasa de 2 CHF por kg. El impuesto incrementó, tal y como se planeó, a 3 CHF por kg al principio del año 2003. El impuesto no aplica para todos los productos clasificados como compuestos orgánicos volátiles, en parte por la carga administrativa excesiva para la oficina de aduanas. Por lo tanto, existe tanto una “lista

positiva de sustancias” (por ejemplo, el benceno, butanos, éteres) que son compuestos orgánicos volátiles, como una “lista de productos positivos” (por ejemplo, solventes, colorantes, pinturas, perfumes, productos para la belleza) para los productos que contienen compuestos orgánicos volátiles que están sujetos al impuesto.

Dado que las emisiones son difíciles de medir dentro de una misma empresa, se gravan los compuestos orgánicos volátiles cuando éstos inician su proceso de producción y al momento de su importación a Suiza. El impuesto a los productos importados que contienen compuestos orgánicos volátiles se aplica al momento de su importación de acuerdo con la cantidad de COV que contengan. Los productos fabricados en Suiza se gravan de manera indirecta a través del impuesto establecido previamente en la compra de las sustancias que contienen los compuestos orgánicos volátiles. Los compuestos orgánicos volátiles estarán sujetos al impuesto si se liberan al medio ambiente o si se venden (transfieren) a los consumidores suizos. Sin embargo, los compuestos orgánicos volátiles que se exportan como sustancias o en productos no sujetos al impuesto quedan exentos porque no se liberan al medio ambiente en Suiza. Para justificar todas estas importaciones, exportaciones y usos de los compuestos orgánicos volátiles, se requiere que las empresas mantengan un balance general de los COV.

Igualmente, se aplican exenciones para los compuestos orgánicos volátiles presentes en los productos cuyo contenido de COV no supere el 3% y a los COV contenidos en productos que no se incluyan en la lista positiva. Además, las empresas que han tomado medidas en una instalación fija y han reducido las emisiones de manera significativa por debajo de los valores límite estipulados pueden quedar exentas de ese impuesto. Estos límites se refieren a los niveles que se encuentran 30% por debajo del límite máximo (desde el 31 de diciembre de 2003) y 50% por debajo del límite máximo (desde el 31 de diciembre de 2008).

El efecto directo del impuesto es incrementar el costo de la fabricación de productos con un contenido de compuestos orgánicos volátiles de más del 3%. Si el impuesto se aprueba, los productos destinados al mercado nacional serán más costosos. En ese aspecto, los productos suizos y extranjeros reciben un tratamiento similar en términos de impuestos. La exención del impuesto para los productos exportados ayuda a mantener los productos suizos con un contenido de COV de más de 3% competitivamente en los mercados de exportación. Esto ya no es el caso si los costos de producción en Suiza incrementan debido al impuesto sobre los COV que se liberan al medio ambiente durante la producción. En estas circunstancias, los productos suizos elaborados con compuestos orgánicos volátiles gravados están en desventaja en Suiza en comparación con los productos de sustitución, y en otros países en comparación con los productos no gravados que son su competencia directa.

En el mercado nacional, el incremento en el precio relativo de los productos que son más caros para producir debido al impuesto desalienta el consumo de dichos bienes y servicios que dañan el ambiente. Por lo tanto, se exhorta a los consumidores intermediarios y finales a evitar los productos cuya fabricación es fuente de emisiones a favor de productos de sustitución más baratos y potencialmente menos dañinos (en caso de que existan). Las empresas pueden reaccionar de dos formas, dependiendo si el problema se encuentra en el proceso de producción o en el producto:

- Pueden reducir las emisiones al implementar un cambio en el proceso de producción. Se espera que las empresas “innoven” si sus costos directos e indirectos, actuales y futuros (descontados), son menores que el impuesto que tendrían que pagar de lo contrario. Las empresas que utilizan cantidades pequeñas de compuestos orgánicos volátiles carecen de incentivos para reducir las emisiones de COV.

- Pueden reducir o eliminar los compuestos orgánicos volátiles contenidos en sus productos (o reducir la concentración de COV a menos del 3% por volumen), mientras no se afecte de manera significativa la calidad o el uso final. Sin embargo, es poco probable que lo hagan si el impuesto representa únicamente una pequeña fracción del valor del producto.

Los ingresos incrementaron de 67 millones de CHF en el año 2000 a un máximo de más de 140 millones de CHF en el 2005, y disminuyeron nuevamente a 126.7 millones de CHF en 2006 y 2007. Se estima que la cantidad se estabilice en 125 millones de CHF anuales durante el periodo de 2008-10. El impuesto, mismo que se redistribuye a la población, representa únicamente el 0.3% del ingreso federal y 0.1% de todo el ingreso de las autoridades públicas.

Impactos ambientales del impuesto

Las emisiones de COV sujetas al impuesto redujeron de manera significativa entre 2001 y 2004, después de una disminución previa que se presentó entre 1998 y 2001. La Tabla D.1 muestra la reducción estimada para las industrias más contaminantes; se estima que la reducción para todas las industrias es de aproximadamente un tercio desde 1998.

Tabla D.1. Las mayores reducciones de COV por industria

Industrias sujetas al impuesto	Cambio 1998-2001		Cambio de 2001-04	
		%	Toneladas	%
Industria, artesanías y vivienda	-9 700	-12	-17 200	-25
Aplicaciones de pintura	-3 100	-13	-11 000	-54
Impresiones	-1 800	-16	-4 900	-51
Limpieza de metal	-700	-18	-1 100	-34
Aplicaciones de protección a la madera	-270	-15	-730	-48
Emisiones de solventes, varios	-200	-11	-500	-29
Peluquerías	40	5	-480	-59

Fuente: OFEV (2007).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318262>

Se eligieron tres actividades (pintura, limpieza de metal/desengrasado y producción de pinturas) como industrias para los estudios de caso durante el resto del análisis. Se eligió la pintura por su gran cantidad de emisiones (4,179 toneladas en 2004), por el hecho de que diversos estudios ya habían centrado la atención en la industria suiza de la pintura y porque la industria también se había organizado a sí misma en un esfuerzo por reducir las emisiones de COV (lo que provocó que la industria fuera fácil de abordar además de la existencia de documentación técnica). La industria de la limpieza de metales también se vio favorecida por su nivel de emisiones generalmente elevado y a sus emisiones relativamente altas (2,065 toneladas en 2004). La limpieza como parte del proceso de la metalurgia es una actividad importante en varias industrias, como las autopartes, la fabricación de relojes, equipo médico, ingeniería eléctrica y construcción de máquinas. Finalmente, se eligió una actividad con emisiones de COV relativamente bajas que hasta ahora han sido objeto de pocos análisis, en caso de que exista alguno: la producción de pinturas (448 toneladas en 2004). Aunque la industria es relativamente homogénea, tiene un amplio rango de aplicaciones (construcción, madera, etc.)

Los COV se utilizan de forma distinta entre las tres industrias. En la producción de pinturas, los COV se pueden encontrar en tintas, colores y toners (para ayudar a que el producto terminado sea nítido y de alta calidad), así como su uso para limpiar las impresoras. En la producción de pinturas, los COV también se utilizan para limpiar maquinaria y equipo además de que los COV (generalmente) constituyen parte del producto final (pintura, barnices, lacas) para ayudar al secado. El caso del corte de metales es un poco diferente. Para evitar la oxidación de metales después de su fabricación, generalmente se aplican grasas para protegerlos. Posteriormente los COV se utilizan para retirar la grasa y a la vez proporcionan una solución no acuosa que limita la oxidación.

Se analizó una muestra de empresas en cada industria. El grupo debía incluir, por cada actividad emisora de COV, al menos una pequeña empresa, una mediana empresa y una gran empresa, una empresa que perteneciera a un grupo extranjero y otra independiente. Aproximadamente un tercio de las empresas contactadas finalmente otorgaron una entrevista. Algunas, especialmente las empresas más pequeñas, no se vieron particularmente afectadas por el impuesto, ya sea porque utilizan cantidades insignificantes de COV, porque no se sintieron motivadas para participar en el estudio o porque consideraban que el impuesto era una “aberración” pero no estaban dispuestas a hablar más sobre el tema. Asimismo, se entrevistó a los expertos cantonales a fin de evaluar la potencia del incentivo para innovar, generado por los servicios de protección de aire cantonal para la administración del impuesto sobre los COV y para observar el comportamiento de la innovación desde el enfoque de los expertos cantonales.

En general, el impuesto sobre los COV sí generó cambios en los tres sectores analizados: las actividades que generan emisiones de COV se redujeron gracias a la adaptación de los procesos de producción (impresión, producción de pinturas, corte de metales) o el ingreso de productos nuevos en el mercado (pinturas). En el primer caso, esto involucró principalmente la creación de conciencia acerca del problema y reducir el uso de productos que emiten COV, productos de limpieza y solventes, y reemplazarlos con productos a base de agua. En el segundo caso, involucró nuevos productos como pinturas a base de agua y libres de solventes, así como pinturas que contienen pocos solventes (por ejemplo, pinturas muy sólidas). En particular, en la industria del corte de metales, el impuesto sobre los COV fue un incentivo financiero decisivo para cambiar la forma en la que limpiaban las partes. Las plantas de destilación, los tarros de benceno (para capturar COV) y el reemplazo únicamente de los productos de limpieza que no requirieran una inversión a gran escala, les permitió reducir sus emisiones en una cantidad considerable, probablemente alrededor de un 10-20%.

Estas reducciones en las emisiones ocurrieron por diversas razones; el impuesto sobre los COV fue un impulsor significativo. Sin embargo, la cantidad del impuesto a veces parece muy pequeño o incluso insignificante, en relación con el costo del producto o el precio o las ventas, especialmente para las empresas grandes. No obstante, otros factores también fueron muy importantes en la justificación de la reducción de emisiones de COV, como el incremento en la salud de los empleados debido a una mejor calidad de aire. Una mayor conciencia entre los empleados acerca del uso de COV en los procesos de producción, un mayor conocimiento técnico y el precio a la alza del alcohol (un sustituto) en relación con el del agua son factores adicionales. En la industria de la impresión, los avances de la impresión digital también podrían explicar algunos de los cambios en el proceso de producción. La creciente conciencia con respecto al medio ambiente entre los clientes parece favorecer una transición hacia procesos de producción y productos más amigables para el medio ambiente. En el sector de producción de pinturas, los clientes están solici-

tando el uso de menos solventes en los productos (debido al olor). Finalmente, la existencia de otros reglamentos impulsa la demanda de productos con una cantidad reducida de COV (como las normas de la UE para la regulación de pinturas que tienen un impacto importante en las exportaciones de pinturas de origen suizo).

Sin embargo, la reducción de las emisiones está limitada. En la impresión, por motivos de calidad y probablemente también por el precio, algunas imprentas, dependiendo de su tipo de producción (trabajos de alta calidad, por ejemplo), aún parecen preferir los productos a base de COV. Todas las imprentas entrevistadas estuvieron de acuerdo en que, en el sector de la impresión, aún es necesario un nivel mínimo de alcohol para garantizar una alta calidad y para mantener las prensas productivas. Se ha logrado un gran avance en los productos de limpieza y detergentes, pero nuevamente a suele ser difícil acabar con el uso de los productos que contienen COV, especialmente por razones de productividad. Otra dificultad es que los fabricantes de las prensas para imprenta a menudo recomiendan evitar el uso de productos libres de COV, incluso en las máquinas más modernas, con posibles consecuencias para la garantía. En el caso de las pinturas que se utilizan en la construcción, que son los productos más importantes para las empresas analizadas, las condiciones climáticas (temperaturas bajas y humedad) a menudo implican que no sea posible utilizar únicamente productos a base de agua. Con respecto al corte de metales, aún existe la posibilidad para lograr reducciones mayores a través del reemplazo de los productos con COV, pero se reconoce que el uso de sustitutos libres de COV y los cambios necesarios en los procedimientos son engañosos, en parte porque la calidad del desengrasado y del secado frecuentemente no se puede garantizar (todavía) y en parte porque las piezas fabricadas de acero o hierro se empiezan a oxidar al contacto con el agua, un proceso irreversible.

Finalmente, parece ser que eliminar el impuesto no revertiría los cambios realizados en los procesos de fabricación o en los productos. No se pueden negar las ventajas en materia de salud y de seguridad que resultan de hacer menor uso de los productos que contengan COV. Además, ha incrementado la conciencia ambiental dentro de las empresas como resultado, en parte, del impuesto sobre los compuestos orgánicos volátiles, y éstas comienzan cada vez con mayor frecuencia a operar en pro de la ecología.

Impactos del instrumento en materia de innovación

Impresión

A primera vista, la mayoría de los cambios que han ocurrido se basan en la introducción de fórmulas o tecnologías existentes que reducen el consumo de COV y las emisiones de los mismos a lo largo del proceso de producción. En la industria de la impresión, se ha logrado un menor uso de alcohol isopropílico en los procesos de producción, tanto en la imprenta en sí como en los productos de limpieza (que se utilizan para limpiar los rodillos en la impresión offset). Las prensas para imprenta suelen ser las mismas y ya dependerá de las imprentas encontrar la dosis adecuada de alcohol y buscar una solución técnica para minimizar la emisión de compuestos orgánicos volátiles mediante la variación de la técnica de impresión, el contenido de COV de los colores y la calidad del agua.

Además de hacer menor uso de los productos que contengan COV en la limpieza del equipo después de cada tirada de impresión, el reto consiste en reducir el contenido de alcohol responsable de la reducción de la tensión de la superficie del agua en la tinta que entra en contacto con el medio de impresión. De ese modo, las impresoras tienen tendencia cada vez mayor a evitar el uso de alcohol en la tinta y los colores, incluso cuando el objetivo es difícil de lograr (desde el punto de vista técnico y financiero) con el mismo nivel

de calidad. Un problema en este contexto también es la falta de influencia de las empresas suizas en los fabricantes extranjeros de las máquinas de impresión, quienes a menudo sugieren evitar el uso de tintas y colores libres de COV. Por el contrario, en cuanto al color, los productores parecen estar más dispuestos a escuchar.

Se han realizado varios esfuerzos para reducir los COV en los productos que se utilizan para limpiar los rodillos, pero ninguna de las empresas en el estudio ha sido capaz de eliminar completamente el uso de los productos que contienen COV. Sin embargo, la prensa completamente nueva que se instaló en una de las empresas en 2008 se puede limpiar con productos libres de alcohol. La misma empresa también utiliza un dispositivo de ósmosis para suavizar su agua, el cual también reduce el consumo de alcohol y por lo tanto reduce las emisiones de COV.

Por lo tanto, los cambios observados en la industria de la impresión se pueden caracterizar principalmente como innovaciones de proceso, ya que involucran maquinaria desarrollada por los fabricantes e insumos de producción: cada vez se utiliza menos alcohol isopropílico en el proceso de producción. También se pueden observar cambios entre el personal: La impresión con poco o nada de alcohol se está convirtiendo en una parte integral del conocimiento técnico de las imprentas y cada vez hay más la conciencia de la necesidad de utilizar los COV con moderación.

La experimentación con máquinas nuevas para lograr una producción baja de COV (en este caso, un menor uso de alcohol isopropílico) suele resultar costosa para las empresas. El problema principal radica en la calidad del producto terminado, que es difícil de mantener cuando se utiliza una cantidad menor de alcohol. Sin embargo, las pruebas llevadas a cabo en algunas empresas individuales han provocado cambios en los procesos de producción que se pueden calificar como innovaciones. Al parecer, la mayoría de las imprentas pertenecen a la categoría de las empresas que adoptan y hacen uso de las innovaciones. Ninguna de las empresas entrevistadas tenían una unidad de I+D, lo que refleja la situación general en la industria.

Producción de pinturas

Los cambios en la industria de la producción de pinturas suelen incluir la introducción de procesos para hacer menor uso de los COV. El uso de solventes en los procesos de fabricación por lo general ha disminuido considerablemente (por ejemplo, en barnices acrílicos) o se ha reemplazado con el uso de productos hechos a base de agua. Además, cada vez se utilizan más los productos bajos en COV o libres de COV durante la producción, en especial para limpiar tanques. Por ejemplo, una empresa ha introducido un sistema de limpieza de tanque libre de solventes que cuesta CHF 450,000, pero que le ha permitido a la empresa reducir las emisiones de COV unos 30,000 kilogramos.

De igual manera, en 2007 una empresa compró un nuevo dispositivo de limpieza por CHF 300,000 para limpiar los tanques que se utilizan para los productos que no contienen COV. Otros beneficios de esta medida incluyen un menor riesgo de accidentes, un menor riesgo para la salud y la reducción en olores. Los cambios en los procesos de fabricación que se han implementado en esta misma empresa también afectan el producto final. Por lo tanto, algunos productos se pueden clasificar como nuevos (por ejemplo, barnices de altos sólidos y acuosos), lo que representan innovaciones tecnológicas de productos. Este fue el caso de cuatro de las siete empresas entrevistadas, sin contar las innovaciones de la matriz de una de las empresas ubicada fuera de Suiza. Incluso desde los años 1980, la industria suiza de la pintura y los barnices se había puesto como meta la reducción o incluso la eliminación total de los solventes basados en COV. La introducción de tecnologías

existentes de extracción para purificación de aire o, en el caso de una de las empresas, el depurado al final de la línea, representa un cambio que se puede calificar como innovación. Otro cambio importante es un esquema de reciclaje para los clientes de toda la industria.

Cortado de metal

Las emisiones de COV se pueden reducir con dos cambios en el proceso de producción:

- Con el reemplazo de los COV (que se utilizan de manera tradicional para desengrasar partes de metal sin residuos por evaporación y, en cantidades mucho menores, para limpiar maquinaria) por detergentes y sistemas antibacteriales hechos a base de agua.
- Con el uso de COV únicamente en recipientes y dispositivos cerrados, de tal manera que ya no escapen a la atmósfera, incluyendo el reciclaje de productos utilizados. Las emisiones se pueden reducir todavía más mediante el cambio de las prácticas de trabajo que involucran COV y el reciclaje de sustancias utilizadas.

El reemplazo implica el cambio de los procesos de desengrasado, aunque se debe hacer mayor esfuerzo para identificar y seleccionar los detergentes adecuados para los tipos y materiales de las partes fabricadas, por lo general mediante la repetición de análisis *in situ*. En muchos casos, el reemplazo de productos y procedimientos no es completamente satisfactorio (aún), y lo que funciona para una empresa no funciona necesariamente para todas. No todas las empresas entrevistadas cooperan de manera sistemática con las otras empresas en la misma industria: cada una tiene sus propias “recetas” y las empresas no cooperan en la investigación ni comparten sus experiencias. El cambio a los detergentes a veces involucra una inversión relativamente sustancial, como la compra de limpiadores hechos a base de detergentes en lugar de o además del equipo existente a base de COV.

Los dispositivos desengrasantes de circuito cerrado ahora son un estándar en la industria del corte de metales: las empresas entrevistadas hicieron el cambio antes de que se implementara el impuesto o durante los primeros años (2000-01). El equipo de producción recibe un beneficio de los avances técnicos realizados por parte de los fabricantes y proveedores que están al menos parcialmente en sintonía con las demandas ambientales de los clientes y los políticos. En gran parte alentados por el impuesto, los tarros de benceno con tapa se utilizan en gran medida para realizar los controles regulares de las partes fabricadas. Sin embargo, el personal de control de calidad generalmente no cierra la tapa después de sumergir las partes, dado que es probable que la operación se deba repetir docenas o centenas de veces al día.

Únicamente dos de las empresas entrevistadas tienen actividad de investigación y desarrollo *per se*. La I+D se enfoca en las mejoras al equipo existente, la construcción de dispositivos de inspección específicos y mayores esfuerzos por optimizar los procesos de producción. La empresa más grande de la muestra ha unido fuerzas con un fabricante para desarrollar un prototipo de tarros de benceno con una tapa automática que fueran completamente herméticos para evitar la evaporación y utilizar un sistema de regaderas para desengrasar las partes, en lugar de tener que sumergirlas en el líquido de manera manual.

No es de sorprender que un número relativamente importante de los cambios anunciados por las empresas en la industria se relacionen completamente con las innovaciones del proceso tecnológico. Los cambios están impulsados por la adquisición de nuevos equipos que incorporan los avances tecnológicos, así como por la introducción de los procedimientos nuevos. Todas las empresas han aprendido e invertido en nuevas técnicas de desengrasado luego de un amplio análisis *in situ*.

El impuesto parece haber reducido de manera significativa las emisiones de COV de los cortadores de metal. Se pueden distinguir tres categorías de empresas:

- Las tres grandes empresas en la muestra que han estado lidiando con problemas ambientales durante veinte años o más y que incluyeron entre sus intereses “estratégicos” el objetivo de reducir las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles cuando se introdujo el impuesto sobre los mismos, han aportado las tecnologías de producción más actualizadas y han adoptado tecnologías de vanguardia en otros asuntos como el tratamiento de residuos y de agua.
- Dos empresas que tomaron conciencia del problema ambiental de los COV (y de otros aspectos como la salud y la seguridad en el lugar de trabajo) cuando tuvieron que empezar a pagar el impuesto y tomaron medidas relativamente rápidas.
- Dos empresas que han adoptado lo que éstas describen como medidas “restric-tivas” para reducir las emisiones y la cantidad de impuesto a pagar, sin estar convencidas de la eficacia técnica o administrativa del impuesto.

El punto de vista de los cantones

Los cantones consultados presentaron una gran cantidad de ejemplos de innovaciones en productos y procesos tecnológicos de acuerdo con sus industrias dominantes. Principalmente, mencionaron mejoras de productos en lo que respecta a pinturas, colores y solventes. La mayoría de los cantones que participaron en el estudio también observaron una clara reducción en el contenido de COV de los productos de limpieza y los detergentes. Pero el lado negativo de este éxito a menudo es el riesgo de una reducción en la calidad que en algunos casos no se puede tolerar, por ejemplo, en la limpieza del metal. Dado el estado actual de la tecnología y los productos de sustitución existentes, es difícil para estas actividades eliminar los COV completamente.

Se han introducido dos tipos de procesos de innovación. El primero implica innovaciones al final del tubo que implementaron las empresas grandes en instalaciones a gran escala antes de que el impuesto sobre los COV entrara en vigor (por ejemplo, un incinerador en una máquina para fabricación de cigarrillos, una lavadora biológica en una planta de químicos y farmacéutica). El segundo tipo de innovación involucra una mejora continua del proceso de producción (impresión).

Factores que explican las diferencias en los comportamientos de las empresas con respecto a la innovación

Diversos factores parecen explicar las diferencias en el comportamiento de las empresas en materia de innovación. Aparentemente lo más importante son los productos de la empresa (por ejemplo, la impresión de libros o periódicos, pinturas interiores o exteriores, pinturas a base de aceite y la imposibilidad de eliminar COV de algunos productos), las demandas del cliente (los clientes pueden ser más o menos demandantes en cuestiones relacionadas con el medio ambiente), el tamaño de la empresa (las empresas más pequeñas parecen hacer mayores esfuerzos para lograr innovaciones), la existencia de una unidad de I+D (por lo general el caso de los fabricantes de pinturas) y finalmente, la actitud de la propia compañía con respecto al medio ambiente (una estrategia ambiental integrada).

Muchas empresas medianas y familiares toman ventaja de la necesidad desde el punto de vista tecnológico y económico de renovar el equipo obsoleto con la finalidad de reducir los COV. Sin embargo, se piensan y se consideran detenidamente los impactos presentes y

futuros de la inversión en materia financiera. En el caso de las empresas más pequeñas en la muestra, se omitió la implementación de algunas innovaciones o se implementaron únicamente de manera parcial, debido al costo (problemas de financiamiento), excepto en la industria del corte de metales; para otras empresas, algunas innovaciones como la instalación de filtros o la captura de emisiones de COV simplemente no son viables desde el punto de vista financiero. El obstáculo financiero está relacionado con el tamaño de la empresa y el hecho de si pertenece o no a un grupo (nacional o internacional).

Al nivel de los cantones, los determinantes de la innovación para la eliminación de COV son altamente variables. La percepción de éstos podría depender de la estructura de la economía del cantón y de la presencia de actividades que generen emisiones de COV. El factor que se menciona con mayor frecuencia es la salud y la seguridad en el lugar de trabajo, aunque otros factores incluyen las demandas del proveedor y del mercado, las credenciales ambientales, el impuesto sobre los COV, la competencia y los estándares internacionales. Dos cantones enfatizaron la importancia del impuesto como un factor que favorece la innovación.

Todos los cantones acordaron que la frecuencia y el modo de innovación dependen en gran medida de los recursos financieros. La investigación en innovaciones de tipo ecológico por lo general resulta demasiado costosa para las empresas pequeñas, mientras que algunas empresas grandes simplemente no prestan atención a estos aspectos. Frecuentemente, las empresas innovan según su conveniencia o siguen las innovaciones desarrolladas por proveedores. Un cantón advirtió que a partir de 2009, las pequeñas empresas podrán reunirse para declarar sus emisiones y obtener un reembolso, lo que les proporcionará una mejor base para la cooperación. Otro cantón con una industria farmacéutica dominante afirmó que muchas empresas hacen I+D y desarrollan innovaciones para otras empresas.

Son pocas las empresas que han padecido dificultades económicas por causa del impuesto. Ninguna empresa se ha trasladado, cambiado de giro o detenido su producción completamente. Sin embargo, muchas, especialmente las empresas pequeñas, no han tomado ninguna medida que se pudiera calificar como innovación dado que la cantidad del impuesto es muy pequeña. Las administraciones cantonales también mencionan los problemas de la calidad de los productos de sustitución o los productos tecnológicamente modificados.

Todos los cantones consultados encontraron que ha habido una mejoría definitiva en los productos y procesos de ciertas industrias, pero que la reducción de los COV no parece haber sido el impulsor principal de la innovación. Menos de la mitad de los cantones entrevistados habían notado un cambio real de comportamiento a favor del ambiente, sólo uno declaró que un pequeño número de empresas habían innovado solamente por una preocupación por el ambiente.

Incentivo en progreso para la reducción de emisiones/innovación entre las industrias

En la industria de la impresión, el proceso de adopción continua de las tecnologías existentes ciertamente facilita la innovación y el cambio. Con el fin de permanecer competitivos, en particular en términos de la velocidad de impresión, las imprentas cambian sus prensas de manera relativamente frecuente. Esta característica de la industria ayuda a explicar lo que parece ser un proceso muy dinámico. A menudo, los costos de la reducción en el consumo de los COV generados por los diversos cambios realizados son insignificantes porque la tecnología se reemplazaría de cualquier forma. En consecuencia, las empresas no están en posición de ponerle una cifra al costo. Por el contrario, las empresas señalan el esfuerzo constante que se requiere para reducir los niveles de COV y mantenerlos bajos.

Como compensación, algunas veces pueden reducir los costos de producción dado que utilizan menores cantidades de alcohol. Por las diversas razones previamente explicadas, el impuesto sobre los compuestos orgánicos volátiles puede por tanto fungir como un incentivo para cambiar o innovar, además de que se incluyen aspectos tecnológicos relacionados con el medio ambiente (en este caso, un menor uso de COV) en las consideraciones que impulsan el cambio.

La innovación en la industria de la producción de pinturas y barnices también parece ser un proceso dinámico; sin embargo, el vínculo con el impuesto COV algunas veces parece ser menos obvio. Por las razones previamente mencionadas (salud y seguridad, costo, calidad, preocupación por el medio ambiente) y por razones de cumplimiento con las regulaciones de la UE, por ejemplo, las empresas continúan reduciendo el uso de productos que contengan COV. Sin embargo, por razones de calidad y clima (bajas temperaturas, humedad) y de acuerdo con el uso (interior o exterior), actualmente, no parece ser posible eliminar los solventes en su totalidad.

Cinco de los ocho cortadores de metal entrevistados no contaban con una estrategia medioambiental coherente. Con la introducción del impuesto descubrieron un problema con los compuestos orgánicos volátiles que, aunque se conoce, no ha requerido ninguna respuesta o acción de su parte. Aunque algunos podrían lamentar la pesada carga administrativa, especialmente al tener que llenar el balance general, y considerar el impuesto como un factor adicional que obstaculiza su competitividad, todos reconocen que se tenía que hacer algo, aunque fuera sólo por la salud y el bienestar de sus empleados. Las medidas se han tomado de manera continua y a un paso relativamente rápido, lo que ha creado un ímpetu por la innovación, aunque no sin tomar en cuenta la rentabilidad. Aún es posible tomar otras medidas para reducir las emisiones de COV, particularmente mediante el uso de productos sustitutos, aunque es limitado el alcance para la sustitución en una proporción significativa de actividades de limpieza y desengrasado.

Si se eliminara el impuesto, ninguna de las empresas entrevistadas daría marcha atrás. Parecen estar actuando cada vez más con una conciencia ecológica, lo que a su vez corresponde más y más con lo que los clientes esperan. Los productos con un bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles se podrían convertir en una ventaja comercial, como es el caso de otros contaminantes como el CO₂, excepto tal vez en la industria del corte de metales. Las consideraciones de salud y de seguridad en el proceso de producción también sirven para mitigar cualquier regreso a la situación anterior.

Sin embargo, las medidas implementadas al final del tubo parecen ser demasiado costosas en las industrias que se consideran. La imprenta más grande entrevistada, con más de 400 empleado, decidió no tomar medidas al final del tubo debido a los altos costos. Una empresa de producción de pinturas con un purificador de aire catalítico/térmico lamenta el alto costo del equipo y el consumo de energía asociado. La empresa, que elabora un balance general de compuestos orgánicos volátiles, piensa que abolir el impuesto sobre los COV podría incluso exhortar a algunas empresas a dejar de utilizar su equipo de etapa final.

Conclusión

En un periodo de cinco a ocho años, el impuesto suizo ha logrado reducir las emisiones de COV así como su uso en un 20-50% en las empresas entrevistadas y ha generado una mayor conciencia de los problemas ambientales y otros provocados por los COV (salud y seguridad en el lugar de trabajo). Esto pesar del hecho de que las empresas a menudo consideran el impuesto y el balance general de los compuestos orgánicos volátiles como una

(pesada) carga administrativa. Muchas empresas, en particular las pequeñas, también están mal informadas acerca de la forma en la que funciona el impuesto (balance general de COV, posibilidades de exención, etc.). También existe un disgusto considerable sobre la forma en la que se utilizan las ganancias del impuesto; una propuesta es que se debería utilizar en proyectos para la reducción de los COV.

Sin embargo, el impuesto sobre los compuestos orgánicos volátiles que funge como incentivo ha tenido un efecto positivo en la innovación. La cantidad relativamente pequeña del impuesto implica que no se trata de un factor principal para hacer más costosa la elaboración de los productos. Aunque las empresas entrevistadas hasta ahora no han adquirido clientes por su compromiso de reducir las emisiones de COV, las innovaciones mismas son rentables frecuentemente para las empresas y neutrales en términos de productividad.

En las tres industrias que se sometieron a consideración, se subrayaron los efectos de la innovación. Por ejemplo, en la producción de pinturas y en el corte de metales, se han implementado cambios en los procesos de producción que no se pueden clasificar como innovación. En la impresión, esto involucra principalmente un menor uso de productos que contengan COV y alcohol isopropílico; en el corte de metales, involucra procesos más eficientes que reducen las emisiones de COV, incluido el uso de sustitutos. Sin embargo, dado que es de vital importancia preservar la calidad del producto final, generalmente no es posible eliminar del todo los productos que contienen COV. En la producción de pinturas, la innovación se ha presentado no solamente en los procesos de producción (menor uso de productos que contengan COV, en particular los solventes) sino también en los productos (productos hechos a base de agua y productos que contengan menor cantidad de solvente). En la industria, el impuesto parece haber sido un factor entre otros (salud, seguridad, normas de la UE, etc.) que ha fomentado la innovación.

El momento oportuno de las innovaciones también es un punto de interés. Antes de que se introdujera el impuesto en el año 2000 ya se habían realizado algunos cambios, otros extendieron el periodo de revisión completo del año 2000 al 2008. Una minoría de empresas había planeado con anterioridad los cambios futuros para reducir las emisiones de COV o el uso de productos que contengan COV.

Aún existe potencial para una mayor reducción, especialmente en los procesos, dado que los requerimientos de calidad de los productos evitan frecuentemente que se pueda hacer más en este momento. Sin embargo, aunque la reducción de las emisiones y la cantidad de impuestos a pagar sigue siendo una preocupación, el efecto parece estarse disipando. Algunas empresas han indicado formas de innovación en un futuro cercano.

- *Producción de pinturas:* Los cambios principales implican los procesos (limpieza con agua, sistemas de circuito cerrado, reciclaje de solventes) y productos, esto es el desarrollo de productos con un bajo contenido de COV, productos libres de COV y productos hechos a base de agua (pinturas minerales, pinturas y barnices muy sólidos).
- *Impresión:* La principal preocupación es continuar la reducción del uso de alcohol isopropílico en los procesos de pintura, mientras se mantiene un determinado nivel de calidad. Otras posibilidades incluyen el uso de productos de limpieza, detergentes y sistemas de limpieza con un bajo contenido de COV o libres de COV, y utilizar sistemas de tratamiento de agua por ósmosis.
- *Cortado de metal:* Las opciones para reducir las emisiones de COV se conocen bien; incluyen principalmente el reemplazo de COV con detergentes para limpiar y desengrasar las piezas- así como el reciclaje de las sustancias utilizadas. Una empresa está tratando de

mejorar los tarros de benceno con un sistema de regaderas; otra, con proveedores, está trabajando en el uso de detergentes para las piezas que se pueden oxidar al contacto con el agua. Sin embargo, para estas empresas la preocupación principal es optimizar los procesos con el fin de reducir las emisiones de COV, con una reducción limitada de la cantidad del impuesto a pagar.

Para más información acerca de los COV en Suiza, la versión completa del estudio de caso (OCDE, 2009) está disponible en [www.oalis.oecd.org/oalis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)35-final](http://www.oalis.oecd.org/oalis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)35-final).

Referencias

- OCDE (2009), *Effects of the VOC Incentive Tax on Innovation in Switzerland: Case Studies in the Printing, Printmaking and Metal Cutting Industries*, OCDE, París, disponible en [www.oalis.oecd.org/oalis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)35-final](http://www.oalis.oecd.org/oalis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)35-final).
- Office fédéral de l'environnement (OFEV) (2007), *Flüchtige Organische Verbindungen (VOC), Anthropogene VOC-Emissionen Schweiz 1998, 2001 und 2004*, Internet publication, 26 February 2007.

ANEXO E

Créditos fiscales para I+D e inversiones ambientales en España

Este estudio de caso examina los efectos de ambos créditos fiscales en España: uno para las inversiones en I+D, y el otro para las inversiones en los activos relacionados con el medio ambiente. El crédito fiscal para las inversiones ambientales no parece inducir a la innovación, en parte debido al hecho de que el crédito fiscal se podría disparar hacia las inversiones necesarias para cumplir con las políticas públicas ambientales existentes. Por otro lado, el crédito fiscal de I+D parece apoyar la innovación ambiental, debido a que el número de empresas que hicieron uso de la deducción sobre las inversiones ambientales después de haber utilizado la deducción de I+D.

Fundamentos de las políticas públicas ambientales

Como todas las economías de la OCDE, España enfrenta una gama de retos ambientales, y su reciente rendimiento económico fuerte (el PIB se ha incrementado 44% entre 1995 y 2005) ha dado lugar a la necesidad de implementar políticas ambientales más robustas. Por ejemplo, las emisiones de gases de efecto invernadero aumentaron 52% entre 1990 y 2005, debido principalmente a la actividad económica más alta en general, la mayor intensidad energética, y a las emisiones del sector de transporte, que aumentaron 78% durante el mismo periodo. También aumentaron las emisiones de NO_x y amoníaco, mientras que se redujeron las emisiones de SO₂, CO y COV. En relación con los residuos municipales sólidos, la producción per cápita aumentó 62% entre 1990 y 2004.

También se ha ejercido una presión adicional sobre el uso de los recursos naturales. El agua es uno de los recursos más críticos en España. La agricultura representa más de 75% del consumo total de agua, aunque prácticamente se estabilizó en términos absolutos en el periodo 1997-2004. Por otro lado, el agua que se utiliza para el suministro público (viviendas, actividades económicas no agrícolas y usos municipales) aumentó 31% entre 1996 y 2004, sin progreso en la reducción de la intensidad de uso del agua. Por todos estos motivos, se han establecido políticas públicas en España para ayudar a responder a un amplio rango de problemas ambientales.

Diseño de los instrumentos

Este estudio de caso se enfoca en dos políticas públicas, ambos esquemas fiscales que se reglamentan dentro del impuesto sobre la renta de sociedades de España. La primera (el crédito fiscal para I+D e innovación tecnológica, I+D+i) se dirige hacia el estímulo de los gastos en la investigación y el desarrollo para una amplia variedad de problemas dentro de la economía, incluyendo aquellos relacionados con el medio ambiente.

La base es de 30% de los gastos en I+D incurridos durante un año dado. Cuando los gastos exceden el promedio de los dos años anteriores, se aplica una base de 50% sobre el exceso, por lo que este crédito fiscal no sólo se basa en el volumen, sino es también incremental. Además, se aplica un crédito fiscal de 20% de los gastos para los investigadores calificados asignados exclusivamente a las actividades de I+D, y para los gastos relacionados con los proyectos encargados a las universidades, las entidades de investigación pública o los centros tecnológicos y de innovación. También existe un crédito fiscal de 10% de las inversiones sobre los activos fijos o intangibles para las actividades de I+D y para los gastos sobre la innovación tecnológica incurrida durante un año dado. La base para este crédito fiscal incluye gastos como aquellos en el diseño industrial, la ingeniería relacionada con los procesos de producción, adquisición de la tecnología avanzada en la forma de patentes o licencias, obtención de ISO 9000 y certificados análogos. El crédito fiscal es de 15% en el caso de los gastos relacionados con los proyectos encargados a las universidades y otras agencias, entidades de investigación pública, o centros de tecnología e innovación. Los gastos en I+D e innovación tecnológica incurridos en el extranjero podrían calificar para este crédito fiscal, con la condición de que la actividad principal de I+D se desarrolle en España, y que los gastos incurridos en el extranjero no excedan 25% del total. También existen límites globales para las deducciones.

Con el objetivo de incrementar la seguridad legal de las empresas, e impulsarlas a hacer uso del crédito fiscal para I+D+i, las empresas también podrían solicitar voluntariamente los informes motivados por parte del gobierno, en los que se establece el cumplimiento de la actividad propuesta con criterios científicos y tecnológicos requeridos para calificar para el crédito fiscal. El número de solicitudes para los informes motivados para el crédito de I+D+i se ha incrementado constantemente desde su introducción, junto con diversos informes emitidos (véase el Cuadro E.1).

Cuadro E.1. El uso de los informes motivados en España

	2004 (FY 2003)	2005 (FY 2004)	2006 (FY 2005)	2007 (FY 2006)
Número de solicitudes	298	561	905	1 215
Número de informes emitidos	252	496	696	–

Fuente: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2007) y Gutiérrez (2008).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318281>

Al mismo tiempo, de acuerdo con una encuesta conducida en 2006 entre las industrias manufactureras, varía la conciencia sobre dicho instrumento: 82.4% de las compañías con más de 200 empleados tenían conocimiento de la existencia de dicho crédito fiscal, mientras que el porcentaje se redujo a 49.5% para las empresas con 10 a 20 empleados.

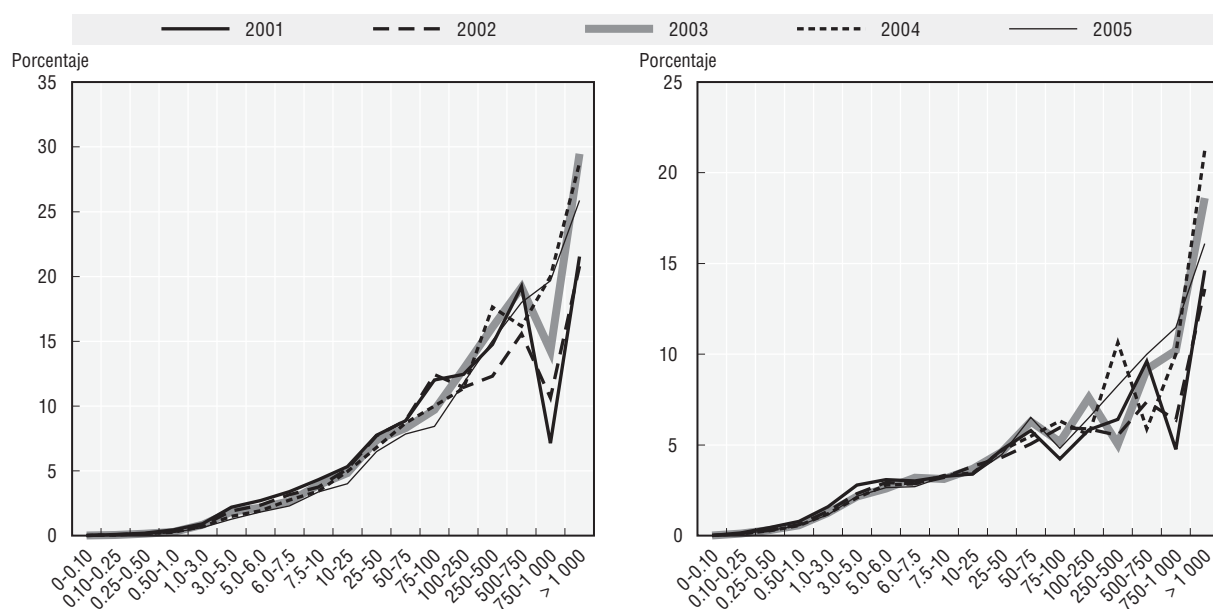
La segunda está diseñada para fomentar las inversiones en la protección ambiental. El crédito fiscal es de 10% del total de la inversión en los activos tangibles dedicados a la protección ambiental, y que constituyen instalaciones utilizadas para: i) evitar la conta-

minación del aire a partir de las instalaciones industriales; ii) prevenir la contaminación en la superficie, subterránea y del agua marina; iii) reducir, recuperar o tratar de manera correcta los residuos industriales; y iv) generar energía renovable a partir de procesos seleccionados. El crédito fiscal es de 12% en el caso de las compras de los nuevos medios de transporte con base en el terreno, para uso comercial o industrial. Para que las inversiones califiquen para el crédito fiscal, necesitan ir más allá de los requerimientos legales, y se debe incluir en los programas o acuerdos con las autoridades ambientales correspondientes, que posteriormente deben emitir un certificado que valide la inversión.

Durante el periodo 2000-2005, el valor promedio del crédito fiscal de I+D+i fue de EUR 70 000 (EUR 16 000 para las inversiones ambientales) y el porcentaje de compañías que hicieron uso del crédito fiscal crece ampliamente conforme aumenta el tamaño, junto con el tamaño promedio de los créditos fiscales (véase la Gráfica E.1). Estos dos factores se combinan para posibilitar que las empresas más grandes capten una participación alta del crédito fiscal para I+D+i (por ejemplo, en 2005, 93.3% de la cantidad total deducida benefició a las compañías con un volumen neto de negocios mayor que EUR 10 millones netos, mientras que representaron sólo 1.9% de todas las declaraciones y 72.9% del total a pagar del impuesto neto de sociedades).

Gráfica E.1. Uso del crédito fiscal para I+D+i y para inversiones ambientales de acuerdo con el tamaño de la empresa

Porcentaje de las empresas de acuerdo con el volumen de negocios (EUR millones)



Fuente: Ministerio de Economía y Hacienda (2004, 2005, 2006, 2007, 2008).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317692>

El crédito fiscal para inversiones ambientales (EI, por sus siglas en inglés) lo utiliza un número limitado de empresas (0.4% de todas las declaraciones de 2005), pero su alcance es significativo. De acuerdo con las estimaciones de 2005, las empresas privadas invirtieron EUR 1 033 millones en la protección del medio ambiente. Por tanto, el crédito fiscal representó 8.7% de la inversión total en la protección ambiental declarada por las empresas privadas. Si se considera que el crédito fiscal es de aproximadamente 10% de la cantidad

invertida, esto significa que la mayoría de la inversión en la protección ambiental en España se apoyó con el crédito fiscal.

La condición legal de que “las inversiones deben ir más allá del requerimiento legal” implica que las inversiones reglamentadas se llevan a cabo (en principio) de manera voluntaria. Sin embargo, este crédito fiscal también beneficia a las inversiones dirigidas hacia el cumplimiento con la legislación existente (y que se desarrollaría de igual manera). De los EUR 384 millones en inversiones elegibles bajo este crédito fiscal en 2005, más de 60% se dirigió hacia la contaminación del aire, con alrededor de 20% para cada uno en materia del agua y de los residuos.

En 2006, se acordó la eliminación progresiva de ambos créditos fiscales. La deducción sobre I+D+i desaparecería para enero de 2011. Sin embargo, en marzo de 2009, se acordó no abolir el crédito fiscal para I+D+i.

Impactos ambientales del crédito fiscal para I+D+i

En el ejercicio fiscal de 2005, 7% de los proyectos apoyados en los informes motivados por I+D+i se orientaron especialmente hacia la protección del medio ambiente y representaron 4.6% de todos los gastos validados.

Estas cifras se deben comparar con la importancia relativa del sector ambiental en la economía española. Se puede efectuar una comparación general con la inversión de las empresas industriales privadas de España de EUR 1 033 millones para la protección del medio ambiente, con 4.9% de la inversión total en maquinaria y equipo. Considerando que es relativamente igual la proporción de las inversiones en los proyectos motivados por el medio ambiente, apoyados en los informes motivados, el número de proyectos motivados ambientalmente es significativamente mayor en términos relativos. Esto sugiere las posibles consecuencias ambientales positivas para el crédito fiscal para I+D+i, especialmente en términos del número de proyectos de innovación tecnológica y de I+D que se introdujeron.

Otro modo de buscar las posibles implicaciones ambientales del crédito fiscal para I+D+i sería analizar las inversiones ambientales llevadas a cabo durante años a partir de la solicitud de dicho crédito fiscal. El objetivo es verificar si el uso del crédito fiscal para I+D+i tiene alguna incidencia en la solicitud subsiguiente por parte de las empresas con crédito fiscal para las inversiones ambientales. Se han seguido dos enfoques.

Primero, se analizaron las asimetrías temporales durante el estudio de las empresas que se beneficiarían de un tipo de crédito fiscal después de otro. Por ejemplo, 4 408 empresas hicieron uso del crédito fiscal para I+D+i en 2000. De éstas, 333 solicitaron el crédito fiscal para las inversiones ambientales el año siguiente (7.6%). La idea subyacente es que si el crédito fiscal para I+D+i activa las inversiones posteriores en el medio ambiente, el número relativo de compañías que hacen uso del crédito fiscal para las inversiones ambientales, después de haber solicitado el crédito fiscal para I+D+i será más alto que la situación inversa. El Cuadro E.2 confirma que es mayor el porcentaje de empresas que hacen uso del crédito fiscal para las inversiones ambientales el año posterior al uso del crédito fiscal para I+D+i (en una comparación de año con año) que el porcentaje de empresas que hacen uso del crédito fiscal para I+D+i el año después de usar el crédito fiscal para las inversiones ambientales.

Otro enfoque revisa si las empresas se comportan de manera diferente después de hacer uso del crédito fiscal para I+D+i, en comparación con las ocasiones cuando se ha utilizado dicho crédito fiscal. Por tanto, el Cuadro E.3 presenta las 34 071 empresas que

Cuadro E.2. El impacto secuencial de los créditos tributarios

	2001	2002	2003	2004	2005
Porcentaje de compañías que solicitan o generan el crédito fiscal para las inversiones en el medio ambiente el año posterior a la solicitud o generación del crédito fiscal para I+D+i	7.6	7.3	8.5	7.8	8.0
Porcentaje de compañías que solicitan o generan el crédito fiscal para I+D+i el año posterior a la solicitud o generación del crédito fiscal para las inversiones en el medio ambiente	7.2	6.8	7.8	7.8	7.3

Fuente: OCDE (2008).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318300>**Cuadro E.3.** Créditos tributarios para I+D+i y uso del crédito fiscal
Compañías beneficiadas de dos créditos fiscales, ya sea que usaran o no
el crédito fiscal para I+D+i en los años 2000 y 2003

Uso del crédito fiscal para I+D+i ¹		Número de empresas que utilizan crédito para I+D+i o El
2000	2003	
Sí	Sí	2 015
Sí	No	2 393
No	Sí	3 941
No	No	25 722
Total		34 071

1. Se considera tanto la solicitud como la generación de del crédito fiscal.

Fuente: OCDE (2008).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318319>

generaron o solicitaron alguno de los dos tipos de crédito durante el periodo de 2001 a 2005, de acuerdo con si se hace uso o no del crédito fiscal para I+D+i en el año inicial de los dos subperiodos (2000-2002 y 2003-2005).

De estos cuatro grupos, el Cuadro E.4 se enfoca únicamente en los dos que se pueden utilizar para comparar el efecto neto del uso del crédito fiscal para I+D+i en la solicitud posterior del crédito fiscal ambiental, por ejemplo: i) el grupo de empresas que hicieron uso del crédito fiscal para I+D+i en 2000, y no lo solicitaron en 2003; y ii) el grupo que no hizo uso del crédito fiscal en I+D+i en 2000, pero lo hicieron en 2003. Este cambio permite la interpretación del comportamiento de la empresa en términos del crédito fiscal para inversiones ambientales en los dos periodos de dos años, posteriormente (por ejemplo, 2001-2002 y 2004-2005). Por cada uno de los dos grupos de empresas y para cada uno de los periodos, el Cuadro E.4 presenta información sobre el número de empresas que hacen uso del crédito fiscal para las inversiones ambientales en cualquiera de los dos años, además de la cantidad del crédito fiscal.

Cuadro E.4. El impacto del crédito fiscal para I+D+i en el uso del crédito de EI

Número de empresas	Uso de I+D+i crédito fiscal ¹		Empresas que hacen uso del crédito fiscal para inversiones ambientales ²			Crédito fiscal generado para las inversiones ambientales (millones de EUR)			Crédito fiscal solicitado para las inversiones ambientales (millones de EUR)		
	2000	2003	2001-02	2004-05	Δ 04-05/01-02 (%)	2001-02	2004-05	Δ 04-05/01-02 (%)	2001-02	2004-05	Δ 04-05/01-02 (%)
2 393	Sí	No	192	136	-29.2	17.9	14.5	-19.1	4.8	3.8	-20.3
3 941	No	Sí	338	395	16.9	57.4	83.8	46.1	18.6	26.7	43.7

1. Se considera tanto la solicitud como la generación del crédito fiscal.

2. Cualquiera de los dos años.

Fuente: OCDE (2008).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318338>

Los resultados de estos dos enfoques independientes confirman que los proyectos de innovación tecnológica y de I+D que se benefician del crédito fiscal correspondiente, en los años posteriores a las inversiones ambientales adicionales, pequeñas pero significativas, que se pueden observar en el incremento del crédito fiscal para la inversión ambiental. Esto se vincula con la percepción de que algunas inversiones ambientales que se benefician del crédito fiscal correspondiente tienen su origen en los proyectos de innovación tecnológica y de I+D que se beneficiaron de los créditos fiscales de I+D+i. Esto se puede ilustrar utilizando una metodología similar. Nuevamente, se analizan dos subperiodos consecutivos de tres años dentro del periodo de 2001-2005. En este caso, las empresas se sacrificaron de acuerdo con el hecho de haber usado o no el crédito fiscal para la inversión ambiental en el último año de los dos subperiodos (2002 y 2005) (Cuadro E.5), para así analizar lo que sucedió durante los dos años previos en relación con la solicitud del crédito fiscal de I+D+i.

Cuadro E.5. Créditos tributarios para las inversiones ambientales y uso del crédito fiscal

Empresas que se beneficiaron de alguno de los dos créditos fiscales, de acuerdo con si usaron o no del crédito fiscal para las inversiones ambientales en los años 2002 y 2005

Uso del crédito fiscal para las inversiones ambientales ¹		Número de empresas que utilizan crédito para I+D+i o EI
2002	2005	
Sí	Sí	1 853
Sí	No	3 951
No	Sí	4 989
No	No	23 278
Total		34 071

1. Se considera tanto la solicitud como la generación del crédito fiscal.

Fuente: OCDE (2008).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318357>

De los cuatro grupos anteriores, los resultados en el Cuadro E.6 se refieren únicamente a los dos que se pueden utilizar para comparar con el efecto neto de la solicitud previa del crédito fiscal para I+D+i sobre el uso del crédito fiscal para inversiones ambientales, por ejemplo: i) el grupo de empresas que hizo uso del crédito fiscal para las inversiones ambientales en 2002, y no lo solicitó en 2005; y ii) el grupo que no hizo uso en el año 2002,

pero sí en el 2005. Muestra que el uso del crédito fiscal para I+D+i es relativamente más alto antes del uso del crédito fiscal para las inversiones ambientales que si no se utiliza este crédito fiscal.

Cuadro E.6. Impacto del crédito fiscal para las inversiones ambientales en el uso del crédito fiscal para I+D+i

Número de empresas	Uso del crédito fiscal de inversión ambiental ¹		Empresas que hacen uso del crédito para I+D+i ²			Crédito fiscal generado para I+D+i (millones de EUR)			Crédito fiscal solicitado para I+D+i (millones de EUR)		
	2002	2005	2000-01	2003-04	Δ 03-04/00-01 (%)	2000-01	2003-04	Δ 03-04/00-01 (%)	2000-01	2003-04	Δ 03-04/00-01 (%)
3 951	Sí	No	283	305	7.8	90.7	107.8	18.8	48.1	22.3	-53.6
4 989	No	Sí	245	362	47.8	95.1	155.0	62.9	21.4	60.2	181.2

1. Se considera tanto la solicitud como la generación del crédito fiscal.

2. Cualquiera de los dos años.

Fuente: OCDE (2008).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318376>

En resumen, esto sugiere que los proyectos de innovación tecnológica y de I+D que se benefician del crédito fiscal correspondiente, en los años posteriores a los créditos fiscales adicionales para las inversiones ambientales, que provienen de inversiones ambientales adicionales. Esto se ha demostrado para el periodo 2000-2005. Para reforzar esta conclusión, para el mismo periodo, se ha demostrado que el uso del crédito fiscal para la inversión ambiental tiende a preceder la solicitud de créditos fiscales más altos para I+D+i. Sin embargo, existe un debate sobre la efectividad de los incentivos fiscales para I+D. En el caso del crédito fiscal para I+D+i en España, el crédito fiscal puede actuar únicamente como incentivo para las empresas que ya desarrollan la investigación. Otras limitaciones en el diseño y uso del crédito fiscal pueden perjudicar los efectos ambientales benéficos posibles, incluyendo: los reglamentos que rigen el crédito fiscal se han modificado repetidamente; no hay suficiente conciencia; falta claridad y practicidad de las definiciones legales; y, la incertidumbre en cuanto a la solicitud después de 2011.

Los impactos en la innovación del crédito fiscal para la inversión ambiental

Para el estudio de los posibles impactos en la innovación, son útiles los detalles de las empresas que hacen uso de ambos créditos fiscales. Aunque el número de empresas que hacen uso de ambos créditos fiscales aumentaron simultáneamente durante el periodo 2000-2005, su presencia relativa fue bastante limitada en términos de porcentaje (sólo alrededor de 4% de las compañías que solicitan cualquiera de los dos créditos fiscales durante ese periodo), y esta variable permaneció relativamente estable. Sin embargo, representaron una proporción muy significativa del total de las cantidades deducidas, especialmente en el caso del crédito fiscal para las inversiones ambientales. Esto indica que el crédito fiscal promedio (ya sea para I+D+i o para inversiones ambientales) es más alto para las empresas que hacen uso de ambos créditos fiscales simultáneamente, como se puede observar en la Cuadro E.7.

Cuadro E.7. Características del uso del crédito fiscal

Valor en Euros	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Créditos fiscales para I+D+i						
Número ¹	4 408	5 767	5 585	5 956	6 037	6 045
Generado	562 666 120	1 070 207 317	657 094 753	773 828 103	881 520 933	934 942 943
Solicitado	185 566 986	220 256 602	204 860 450	251 088 783	299 880 114	348 084 993
Pendiente	377 099 134	849 950 716	452 234 304	522 739 320	581 640 819	586 857 950
Crédito fiscal promedio generado	127 647	185 574	117 653	129 924	146 020	154 664
Crédito fiscal para las inversiones						
Número ¹	4 594	6 218	5 804	6 107	6 396	6 842
Generado	207 963 080	187 176 047	160 204 069	171 557 840	186 638 055	219 979 982
Solicitado	58 086 821	61 188 366	56 652 641	55 625 625	89 599 204	89 391 208
Pendiente	149 876 259	125 987 681	103 551 428	115 932 216	97 038 851	130 588 774
Crédito fiscal promedio generado	45 268	30 102	27 602	28 092	29 180	32 151
Ambos créditos fiscales						
Número ¹	323	468	498	502	488	496
Generado (I+D+i)	85 611 136	117 589 518	118 046 576	185 810 955	166 023 172	198 275 167
Solicitado (I+D+i)	33 402 507	65 949 366	55 727 463	68 418 295	76 548 040	87 630 444
Pendiente (I+D+i)	52 208 629	51 640 152	62 319 113	117 392 660	89 475 132	110 644 722
Crédito fiscal promedio generado (I+D+i)	265 050	251 260	237 041	370 141	340 211	399 748
Generado (EI)	31 688 138	39 693 774	31 954 965	38 974 226	57 978 517	76 908 038
Solicitado (EI)	20 851 741	24 318 229	11 321 804	16 036 477	38 634 037	33 474 812
Pendiente (EI)	10 836 397	15 375 545	20 633 160	22 937 749	19 344 480	43 433 226
Crédito fiscal promedio generado (EI)	98 106	84 816	64 167	77 638	118 808	155 057
Empresas que hacen uso de cualquiera de los dos créditos fiscales	8 679	11 517	10 891	11 561	11 945	12 391
% de las empresas que hacen uso de ambos créditos fiscales	3.7	4.1	4.6	4.3	4.1	4.0
I+D+i, % del total de créditos fiscales solicitados que benefician a las empresas que hacen uso de ambos créditos fiscales	18.0	29.9	27.2	27.2	25.5	25.2
EI, % del total de créditos fiscales solicitados que benefician a las empresas que hacen uso de ambos créditos fiscales	35.9	39.7	20.0	28.8	43.1	37.4

1. Número de compañías que han generado o solicitado el crédito fiscal.

Fuente: OCDE (2008).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318395>

Aunque se utilizaron los créditos fiscales (generados o solicitados) para la inversión ambiental y para I+D+i entre 2000 y 2005 en 33 798 y 35 961 ocasiones, respectivamente, sólo 34 071 empresas diferentes se beneficiaron de cualquiera de los dos créditos fiscales durante este periodo. Esto significa que el uso de los créditos fiscales se concentra en algunas compañías. De hecho, 14 921 empresas hicieron uso de estos créditos fiscales en más de una ocasión durante este periodo de cinco años. Esto también implica que haber hecho uso de alguno de los dos impuestos aumenta la probabilidad de hacer uso de ellos nuevamente.

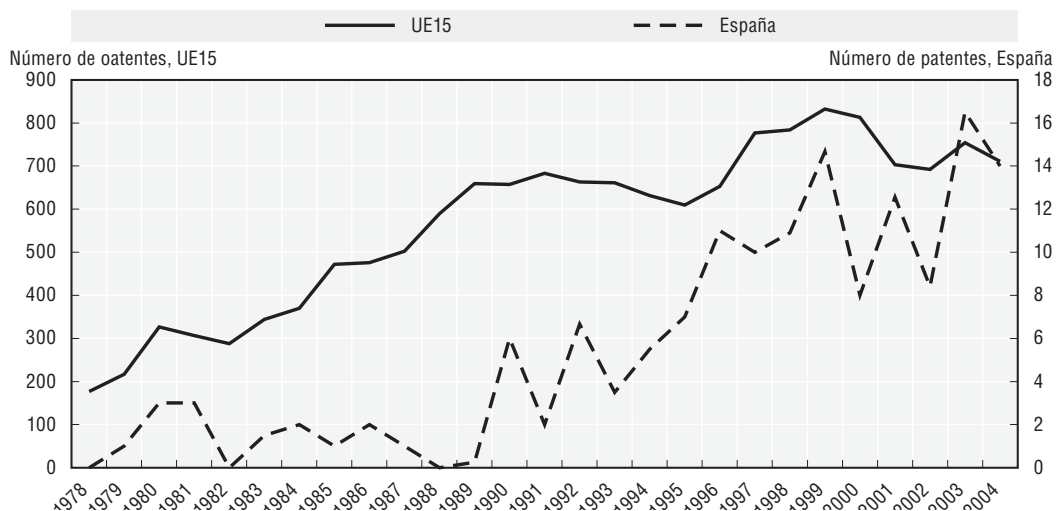
En 2005, se pidió a las comunidades autónomas españolas que clasificaran las inversiones ambientales validadas para la deducción de impuestos a través de las soluciones de etapa final y de producción más limpia, con la primera situada en 67.8% de la cantidad total de la inversión. Este ha sido el enfoque tradicional para responder a los impactos ambientales. Sin embargo, las soluciones de producción más limpia aumentan en importancia entre las decisiones sobre la inversión en el medio ambiente. En la práctica el crédito fiscal para las inversiones ambientales aún beneficia las inversiones que están dirigidas simplemente al cumplimiento de la legislación ambiental. La motivación para estas inversiones

parece relacionarse más con la necesidad de cumplir con la legislación ambiental que por el crédito fiscal mismo. Esto podría explicar el motivo por el que, a pesar del hecho de que los créditos fiscales para la inversión ambiental se consideran un instrumento flexible de la política pública, sus resultados en términos de la promoción de las inversiones en la producción más limpia son más bajos de lo esperado.

Si las inversiones en la etapa final se asocian más con una reacción a las obligaciones en materia del medio ambiente y la producción más limpia se asocia más con una iniciativa dirigida hacia el ahorro de los costos, parece razonable suponer que lo último implica más innovación de tecnología e investigación. Por tanto, el peso actual de las tecnologías de etapa final en las inversiones que solicitan créditos fiscales para la inversión ambiental sugiere una incidencia limitada de dicho crédito fiscal en términos de la innovación.

Debido al enfoque específico del crédito fiscal para la inversión ambiental sobre la contaminación del aire, la contaminación del agua, y los residuos industriales, resulta interesante el análisis de la actividad de las patentes en estas áreas, en busca de la detección de las consecuencias positivas posibles de la innovación de dicho crédito fiscal. Como se muestra en la Gráfica E.2, en España ha crecido en las últimas décadas el número absoluto de las patentes de tecnología en las áreas del aire, el agua y los residuos. Sin embargo, la tasa de crecimiento del número de estas patentes fue similar antes de la introducción del crédito fiscal para las inversiones ambientales (1997). La tendencia que sigue el número de patentes en estas tres áreas no ha variado significativamente de la que sigue el número total de patentes, lo que indica que la evolución del número de patentes en tres de las áreas analizadas es paralela al crecimiento general de las actividades de innovación en el país. El punto de partida para España, en los años setenta, fue muy bajo tanto en las actividades de innovación como en la aplicación de las políticas ambientales.

Gráfica E.2. Solicitudes de patentes en España y UE15
Patentes en las áreas del aire, el agua y los residuos



Fuente: OCDE (2008).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317711>

El número relativo de patentes en España en las áreas del aire, el agua y los residuos fue de 4.7%, 84.7% y 10.5%, respectivamente, para el periodo 1997-2004. Estos porcentajes son muy diferentes de la importancia relativa de estas inversiones en el crédito fiscal, lo que indica que las inversiones en la contaminación del aire son claramente dominantes dentro de las que solicitan crédito fiscal para la inversión ambiental. Esta poca correspondencia entre la composición de las inversiones ambientales que se benefician del crédito fiscal y la innovación en estas áreas (medidas por el número de patentes) sugiere una vez más que existe una baja incidencia en la innovación del crédito fiscal para las inversiones ambientales.

Las limitaciones de la configuración y el uso del crédito fiscal en las inversiones ambientales también podría perjudicar los posibles efectos benéficos en la innovación tecnológica y de I+D. Algunas de las limitaciones presentes son: falta de armonización entre las Comunidades Autónomas; el posible uso incorrecto porque las Administraciones Regionales validan, mientras la Administración Central paga; créditos fiscales para inversiones que se harían de cualquier manera; y la pérdida progresiva de la intensidad del crédito fiscal, debido a su eliminación gradual.

Conclusiones

Este estudio de caso se ha enfocado en el análisis de dos créditos fiscales regulados dentro del impuesto sobre la renta de sociedades en España: el crédito fiscal para I+D y para la innovación tecnológica y el crédito fiscal para las inversiones ambientales. Sólo un pequeño porcentaje de las declaraciones fiscales incluyen los créditos fiscales que se analizaron, especialmente en el caso del crédito fiscal para I+D+i. Entre las empresas que hacen uso de estos créditos fiscales, un alto porcentaje de las cantidades deducidas benefician a un número muy limitado de empresas grandes, que normalmente llevan a cabo proyectos más grandes y más costosos. También se ha encontrado que el haber hecho uso de alguno de los dos créditos fiscales en el pasado, incrementa la probabilidad de utilizarlas de nuevo. El alcance del crédito fiscal es especialmente significativo en el caso del crédito fiscal para la inversión ambiental, que se ha estimado que beneficia a la mayoría de las inversiones para la protección ambiental que se efectúan en España.

En relación con los efectos de estos dos créditos fiscales, es difícil saber cuáles gastos se habrían efectuado también sin los incentivos analizados, y analizar su efectividad no fue el objetivo de este estudio de caso. Diversos estudios analizaron anteriormente el crédito fiscal para I+D e innovación tecnológica, y se concluyó generalmente que el estímulo de dichos gastos es efectivo. No existen análisis sobre la efectividad del crédito fiscal en las inversiones ambientales. Este estudio de caso se enfoca en el análisis de los efectos ambientales del crédito fiscal para I+D+i y en los efectos en la innovación del crédito fiscal para las inversiones ambientales.

Aunque los dos créditos fiscales son altamente independientes, se ha encontrado evidencia en relación con las consecuencias ambientales positivas del crédito fiscal de I+D+i. Para el periodo de análisis (2000-2005), se encontró que el porcentaje de las empresas que hacen uso del crédito fiscal para las inversiones ambientales en el año siguiente a la solicitud del crédito fiscal para I+D+i fue sistemáticamente mayor que el porcentaje de empresas que hicieron uso del crédito fiscal para I+D+i el año después de haber solicitado el crédito fiscal para la inversión ambiental. Para el mismo periodo, usando otra metodología, se encontró también que la solicitud del crédito fiscal para I+D+i incrementó la solicitud del crédito fiscal para las inversiones ambientales (por ejemplo, la inducción de inversiones ambientales adicionales) en los años posteriores. Esta conclusión se apoya

también en el hecho de que es más alta la proporción de los proyectos motivados por el medio ambiente, entre los proyectos apoyados por los informes motivados, que la proporción de los gastos ambientales dentro de la inversión total en equipo y maquinaria por parte de las empresas industriales de España.

Sin embargo, parece ser que la presencia relativa de los proyectos de I+D+i relacionados con el medio ambiente que se benefician de este crédito fiscal es similar a la de otras medidas públicas para el apoyo de I+D+i a nivel nacional. En ambos casos, estos porcentajes son más altos que el porcentaje de los gastos de I+D internos dedicados al control y la protección del medio ambiente, por parte de las empresas privadas, lo que sugiere un sesgo ambiental positivo en las actividades de innovación que reciben apoyo financiero público.

En relación con el crédito fiscal para la inversión ambiental, diversos resultados sugieren que tiene un impacto muy bajo o nulo en la activación de la innovación. Por otro lado, los gastos en la producción más limpia (en contraste con los gastos de etapa final) entre las inversiones son claramente menores en promedio que las inversiones ambientales. El peso actual de las tecnologías de etapa final en las inversiones que se benefician del crédito fiscal para las inversiones ambientales sugiere una incidencia limitada del crédito fiscal en términos de la innovación, ya que las innovaciones ambientales se identifican más seguido con la producción más limpia.

Más aun, la evolución en el número de solicitudes de patentes en las áreas de aire, agua y residuos no cambió significativamente con la introducción del crédito fiscal para las inversiones ambientales. Además, el número relativo de las patentes españolas en las áreas del aire, el agua y los residuos es muy distinto de la importancia relativa de estas inversiones dentro de las cantidades de reembolso. Esta baja correspondencia sugiere nuevamente que existe una baja incidencia en la innovación del crédito fiscal para las inversiones ambientales. En todo caso, y a pesar de las consecuencias ambientales positivas que se estiman con el crédito fiscal para I+D+i, parece que si se va a promover el I+D ambiental y la innovación tecnológica, el estímulo separado de I+D e innovación tecnológica por un lado, y las inversiones ambientales por otro, no es la mejor opción. Diversos programas que se dirigen específicamente a I+D ambiental e innovación tecnológica se podrían reforzar, o se podrían crear programas nuevos.

Algunas de las limitaciones de ambos créditos fiscales que se analizan en este estudio de caso se asocian con las modificaciones al marco legal (esto tiene un costo en términos de la estabilidad y previsibilidad), el desconocimiento por parte de las empresas de su existencia (que implica un uso limitado), la complejidad y la burocracia (que implican costos administrativos más altos), la incertidumbre sobre el futuro (debido a su eliminación gradual), y la incertidumbre legal en relación con las posibles auditorías fiscales. Algunas de estas limitaciones se pueden superar, y esto podría resultar en el aumento del uso y la efectividad de ambos créditos fiscales. Otras limitaciones incluyen la falta de flexibilidad (se requiere cambiar una ley para modificar su intensidad, en comparación, por ejemplo, con la flexibilidad de los programas de subsidio) o el hecho de que el impuesto positivo a pagar es necesario para beneficiarse de los créditos fiscales (se pueden diferir, pero sólo durante un número limitado de años). En relación con lo anterior, podría suceder que dos empresas desarrollen las mismas actividades que se benefician del crédito fiscal en distinto grado.

Los créditos fiscales (y otros subsidios también) se podrían justificar económicamente en algunos casos, por ejemplo, cuando se presentan las externalidades positivas. No se pueden otorgar subsidios ni créditos fiscales para las acciones obligatorias, aunque el crédito fiscal para EI continúe considerando elegibles a aquellas inversiones que se dirigen simple-

mente al cumplimiento de la legislación ambiental existente. Esto no está de acuerdo con el principio de que el que contamina paga, y no sólo resulta en un gasto público ineficiente, sino que también impide un efecto secundario potencial de este crédito fiscal sobre la innovación. Debido a que los estándares ambientales se establecen considerando las capacidades de las mejores tecnologías disponibles, la innovación requerida para cumplir únicamente la legislación es relativamente moderada. Si sólo resultan elegibles las medidas que van más allá de las obligaciones legales para el crédito fiscal ambiental, las inversiones que utilicen este crédito fiscal buscarían esencialmente el ahorro de costos, que tienden a favorecer la producción limpia, y por tanto, la innovación.

Sin embargo, existen aspectos positivos del programa de crédito fiscal que se podría utilizar para apoyar su continuación. Por ejemplo, los créditos fiscales constituyen una forma de apoyo público que distorsiona el mercado lo menos posible, debido a que las empresas deciden si hacen uso o no del crédito fiscal, y se otorga automáticamente si se acepta la solicitud. Los créditos fiscales también conllevan (por lo menos en principio) costos administrativos menores que los subsidios, tanto para las administraciones públicas como para las empresas.

Si fuera a permanecer el crédito fiscal para las inversiones ambientales, se podrían considerar otras reformas, como la posible inclusión de otras áreas elegibles para la inversión ambiental (por ejemplo, el uso eficiente de materia prima, y otras que también incrementarían el peso de los gastos de producción más limpia) o un apoyo más explícito de inversiones en el sector de servicios o la logística. También, se debería considerar una limitación, o por lo menos una aplicación más restrictiva, del crédito fiscal en cuanto a la compra de nuevos medios de transporte basados en el terreno, especialmente desde la reforma al impuesto de registro vehicular en 2008 que promueve vehículos más limpios, y debido a que existen programas gubernamentales dirigidos a la sustitución de vehículos más viejos que se duplican parcialmente con este crédito fiscal. Sin embargo, si se consideran las reformas más profundas, se podrían enmarcar idealmente en una reforma ecológica más amplia dentro del sistema tributario español.

Para más información acerca ambos créditos fiscales en España, la versión completa del estudio de caso (OCDE, 2008) está disponible en www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpacfa (2008) 38-final.

Referencias

- Gutiérrez Monzonís, G. (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio) (2008), *Evolución del sistema de informes motivados 2004-2008*, Conference held at Consejo Asesor de Audit, 16 junio 2008, Barcelona.
- Ministerio de Economía y Hacienda (2004), *El impuesto sobre sociedades en 2001. Análisis de los datos estadísticos del ejercicio* (The Corporate Income Tax in 2001. Analysis of the Statistical Data of the Fiscal Year), Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid, <http://documentacion.meh.es/doc/C9/Estadisticas/An%C3%A1lisis%20IS%2001.pdf>.
- Ministerio de Economía y Hacienda (2005), *El impuesto sobre sociedades en 2002. Análisis de los datos estadísticos del ejercicio* (The Corporate Income Tax in 2002. Analysis of the Statistical Data of the Fiscal Year), Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid, http://documentacion.meh.es/doc/C9/Estadisticas/Analisis_IS_02.pdf.
- Ministerio de Economía y Hacienda (2006), *El impuesto sobre sociedades en 2003. Análisis de los datos estadísticos del ejercicio* (The Corporate Income Tax in 2003. Analysis of the Statistical Data of the

- Fiscal Year), Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid, <http://documentacion.meh.es/doc/C9/ Estadisticas/Imp.Soc-2003.pdf>.
- Ministerio de Economía y Hacienda (2007), *El impuesto sobre sociedades en 2004. Análisis de los datos estadísticos del ejercicio* (The Corporate Income Tax in 2004. Analysis of the Statistical Data of the Fiscal Year), Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid, <http://documentacion.meh.es/doc/C14/C1/Tributos/IMPTO%20SOCIEDADES%202004.pdf>.
- Ministerio de Economía y Hacienda (2008), *Recaudación y estadísticas del sistema tributario español 1996-2006* (Tax Collection and Statistics of the Spanish Fiscal System 1996-2006), Ministerio de Economía y Hacienda, Madrid, <http://documentacion.meh.es/doc/C14/C1/Tributos/Recaudaci%C3%B3n%20y%20Estadística%201996-2006.%20Internet.pdf>.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2007), *Informes motivados para deducciones fiscales por actividades de I+D e innovación tecnológica. Informe Solicitudes 2006 (Ejercicio Fiscal 2005)* [Reasoned Reports for Fiscal Deductions for R&D and Technological Innovation Activities. Report on 2006 Applications (Fiscal Year 2005) J, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Madrid, [www.eqa.org/ boletin/oct07/imgboletin/pdf/I+D.pdf](http://www.eqa.org/boletin/oct07/imgboletin/pdf/I+D.pdf).
- OECD (2008), *Taxation, Innovation, and the Environment – The Spanish Case*, OECD, Paris, available at [www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)38-final](http://www.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)38-final).

ANEXO F

Sistema de comercio de emisiones para NO_x y SO_x en Corea

Este estudio de caso explora las políticas de emisiones para NO_x y SO_x en Corea. Se implementó un sistema de limitación y comercio en 2008 y se extendió al siguiente año. Aunque es muy pronto para investigar los impactos medioambientales y de innovación, este instrumento se basa en políticas anteriores dirigidas a los mismos contaminantes. Estas políticas fomentaron el aumento de patentes, pero principalmente en tecnologías de etapa final.

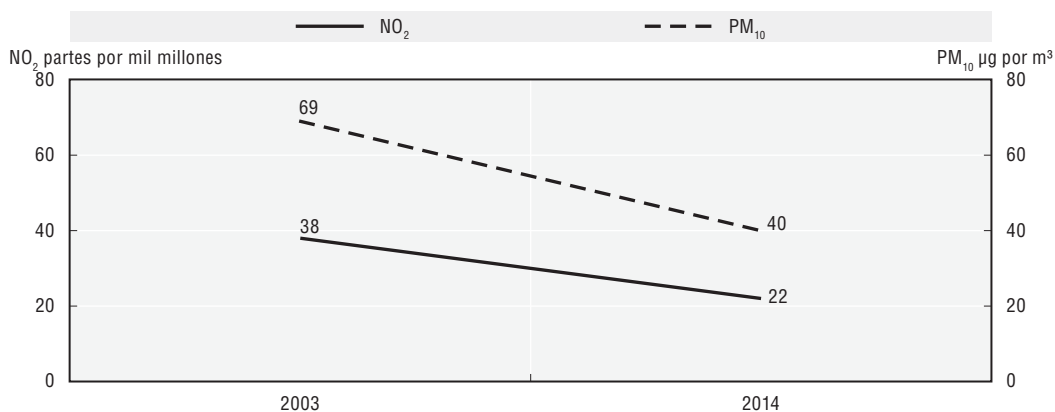
Fundamentos de las políticas públicas ambientales

La contaminación del aire en Corea es un gran problema, de tal magnitud que las condiciones atmosféricas en el área metropolitana son de las peores entre las naciones de la OCDE. Las emisiones de NO_x, SO_x y otros contaminantes se encuentran a niveles muy altos y son resultado de la combustión. El NO_x contribuye a la formación de ozono a nivel del suelo y smog, mientras que el SO_x contribuye a la formación de lluvia ácida. Estas consecuencias indeseadas de la industrialización tienen efectos medioambientales y no medioambientales (tales como los efectos en la salud). La meta es mejorar la calidad del aire en el área capitalina al nivel de otras naciones de la OCDE para el año 2014.

Diseño del instrumento de la política pública

El marco legal entró en vigor en enero de 2005, el plan básico se estableció en noviembre de 2005, y el Plan de Implementación Estatal se instauró en enero de 2007. Los instrumentos políticos clave incluyen la ejecución de un sistema de limitación y comercio para emisiones de fábricas de gran tamaño, proporcionar vehículos de bajas emisiones y fortalecer los estándares de emisión para autos alimentados por diesel. El programa de limitación y comercio dirigido a las fábricas entró en vigor en julio de 2007.

El año objetivo del plan básico es 2014 y los contaminantes a los que está dirigido son NO_x, SO_x, PM10 y COV. De manera específica, las metas para 2014 son 22 partes por cada mil

Gráfica F.1. Concentraciones meta de NO₂ y PM₁₀ en el ambiente

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317730>

millones para NO₂ y 40 tg por m³ para PM₁₀. La Gráfica F.1 muestra las metas de NO₂ y PM₁₀ para 2014, en comparación con los niveles ambientales en 2003.

Una de las características más interesantes de la aproximación coreana es el uso de un sistema de comercio de emisiones para NO_x y SO_x. La meta de la calidad del aire para la capital se estableció de acuerdo con los resultados del modelo de previsión de la calidad del aire, así como la capacidad medioambiental de la región, lo cual se calculó posteriormente tomando en cuenta las condiciones climáticas y de terreno. Con base en este análisis, el Ministerio del Medio Ambiente publica la capacidad autorizada para la región. Los gobiernos municipales y provinciales emiten el límite de emisión de contaminantes de cada industria de acuerdo con el límite de emisiones determinado de las ciudades o provincias. Además, están a cargo del control de emisiones totales, así como de la investigación y evaluación de reducción de las mismas.

El programa de limitación y comercio está dirigido a 136 fábricas en Seúl, Incheon y el área de Gyeonggi, en más de 24 condados. Cada año, los límites máximos de emisión se publican bajo el programa de limitación y comercio y los dueños de las empresas controlan las emisiones de los contaminantes del aire dentro de los límites permitidos. Durante el primer año, la meta se determinará a un nivel de cinco años promedio de emisión de contaminantes. Para el último año, la meta es reducir la concentración de contaminantes al nivel que se estableció para el instrumento de control óptimo (la instalación con mayor eficiencia en sus reducciones, que sea tecnológica y económicamente viable).

Las metas del programa de limitación y comercio en Corea son para NO_x, SO_x, PM, y la fecha de entrada en vigor es enero de 2008 para la Fase 1 y julio de 2009 para la Fase 2. La Cuadro F.1 resume la progresión de la implementación del programa de limitación y comercio.

La Fase 1 está dirigida a las emisiones de instalaciones en la categoría empresarial 1 (emisiones superiores a las 80 toneladas) de acuerdo con la ley de conservación ambiental de la atmósfera, con calderas de gas o petróleo ligero con capacidad de evaporación de dos toneladas por hora o más, e instalaciones con combustión para calefacción indirecta, con capacidad de 1 238 000 kcal por hora o más (estándar anual de emisiones). La Fase 2 está dirigida a instalaciones en la categoría empresarial 1-3 (emisiones superiores a las 10 toneladas), con calderas de gas o petróleo ligero con capacidad de evaporación de dos toneladas por hora o más, e instalaciones con combustión para calefacción indirecta, con capacidad

Cuadro F.1. Progresión de la implementación del programa de limitación y comercio “cap-and-trade”

Fecha de entrada en vigor	Nivel de emisión (toneladas por año)		
	NO _x	SO _x	PM
Enero de 2008 (Fase 1)	Más de 30	Más de 20	Pospuesto
Julio de 2009 (Fase 2)	Más de 4	Más de 4	

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318414>

de 1 238 000 kcal por hora o más (estándar anual de emisiones). Con la implementación de la Fase 2, el control de 84% de emisiones de NO_x, 78% de las emisiones de SO_x y 57% de PM, es posible en el distrito metropolitano de gestión de la calidad del aire.

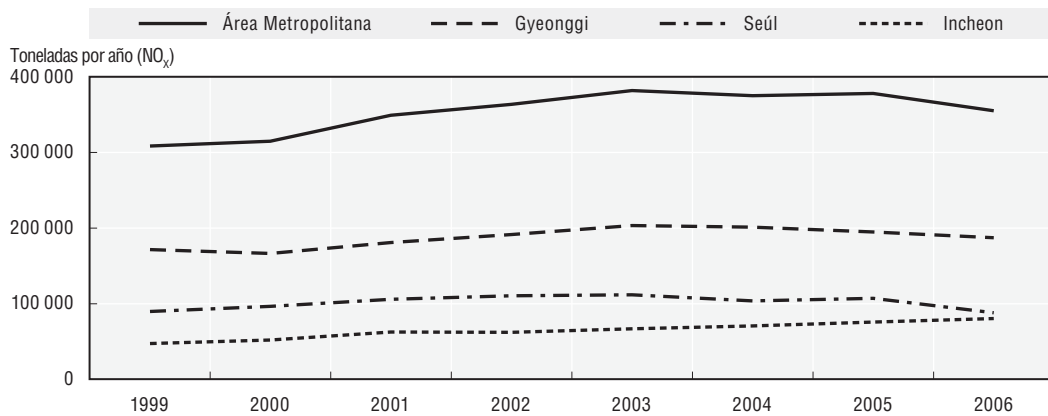
Para poder hacer transacciones, las fábricas solicitan una asignación comercial y la aprobación del gobierno. Posteriormente, el Departamento Metropolitano de Calidad del Aire revisa y aprueba las solicitudes comerciales y recalcula la cantidad de asignaciones. Por último, se completa el comercio de emisiones.

Este programa se basa en medidas anteriores dispuestas por el gobierno. Por ejemplo, el Ministerio de Medio Ambiente instauró el control de las cantidades totales de forma paralela a la regulación de concentración de emisiones (por medio de un sistema de monitoreo a distancia de las chimeneas, entre otras medidas).

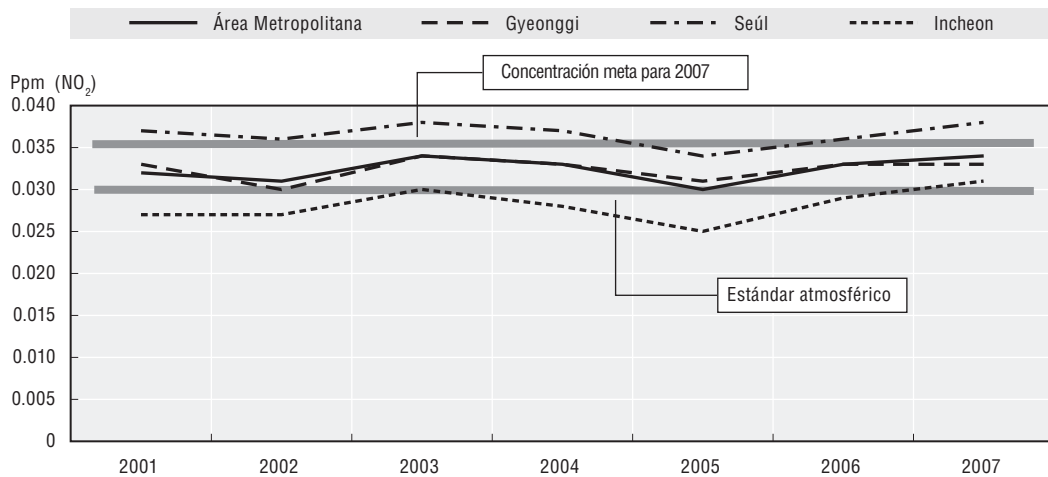
Tendencias ambientales en la contaminación del aire

Las Gráficas F.2 y F.3 muestran las tendencias de emisiones de NO_x y concentración de NO₂ en el área metropolitana. Las emisiones de NO_x se incrementaron de 1999 a 2003, pero comenzaron a disminuir en 2004. La disminución en las emisiones de NO_x parece ser el resultado de la reducción del consumo de energía por parte de las compañías de gran tamaño y de la combustión de vehículos de transporte. Las concentraciones de NO₂ fluctúan cada año. Es interesante notar que la concentración de NO₂ en Seúl es más alta que en otras áreas (aunque las emisiones son menores) y excedió el nivel objetivo de concentración especificado por el plan básico y el estándar atmosférico. Se debe señalar que Seúl también se ve afectada por contaminantes del aire transfronterizos de largo alcance.

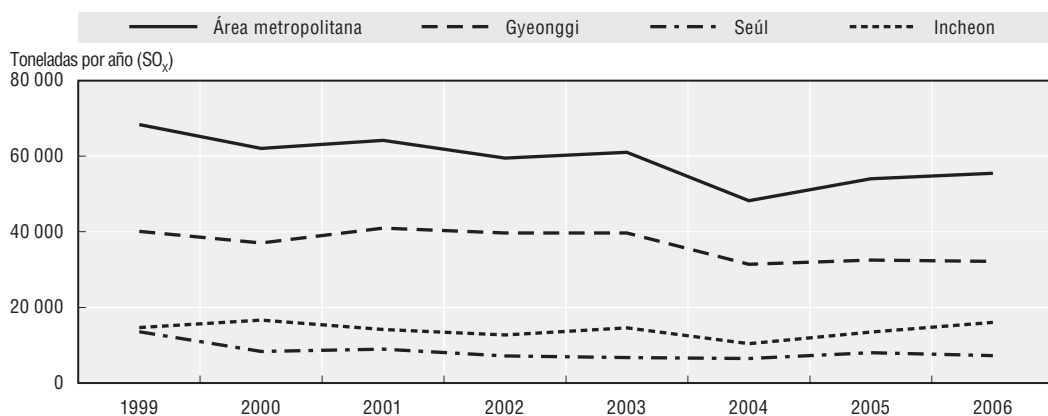
Las emisiones de SO_x y las tendencias de concentración en las áreas metropolitanas, se muestran en las Gráficas F.4 y F.5, respectivamente. Las emisiones de SO_x se redujeron de 1999 a 2004, pero se han incrementado desde 2005. El aumento de emisiones de SO_x parece ser el resultado del incremento en el contenido de azufre de ciertos tipos de petróleo. Cabe notar que la concentración de SO₂ en Incheon es mayor que en otras áreas debido al uso de petróleo con alto contenido de azufre realizado por los buques.

Gráfica F.2. Tendencias de emisiones de NO_x en Corea

Fuente: OCDE (2009).

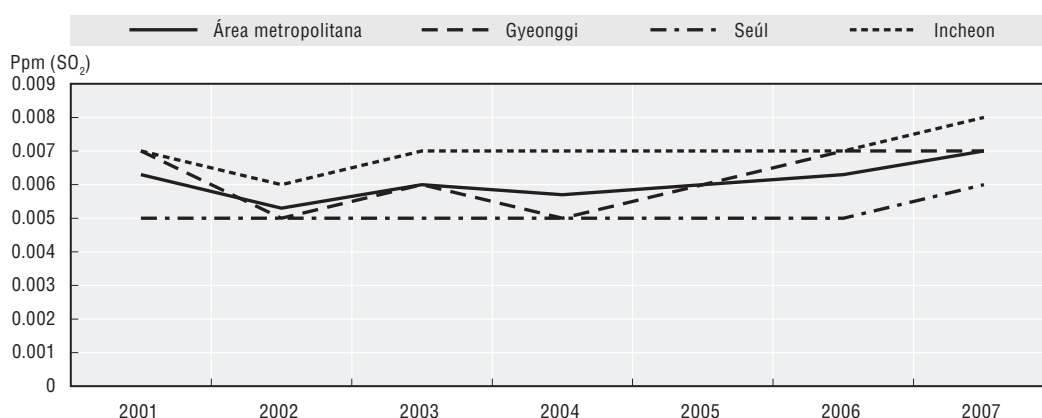
<http://dx.doi.org/10.1787/888932317749>**Gráfica F.3. Tendencias de emisiones de NO₂ en Corea**

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317768>**Gráfica F.4. Tendencias de emisiones de SO_x en Corea**

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317787>

Gráfica F.5. Tendencias de concentración de SO₂ en Corea

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317806>

Tendencias de la innovación en la contaminación del aire

Las tecnologías de disminución de NO_x incluyen la recirculación de gases de combustión (FGR, por sus siglas en inglés), los quemadores de baja emisión de NO_x (LNB, por sus siglas en inglés), la reducción catalítica selectiva (SCR, por sus siglas en inglés) y la reducción no catalítica selectiva (SNCR, por sus siglas en inglés). Corea del Sur planea ofrecer la tecnología LNB, que reduce las emisiones de NO_x para mejorar la eficiencia del combustible al disminuir el NO_x térmico y en combustibles de manera concurrente. Por lo regular, la reducción de NO_x con LNB se encuentra entre 30% y 50%. El Cuadro F.2 muestra la eficacia de LNB, por ejemplo, en la reducción de contaminantes del aire en 2007.

Cuadro F.2. Impacto de los quemadores de baja producción de NO_x en la contaminación

Región (para el año 2007)	Número de quemadores de baja producción de NO _x proporcionados	Reducción calculada de NO _x (toneladas por año)
Área metropolitana	205	146
Incheon	72	58
Gyeonggi	133	88

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318433>

Las eficiencias de reducción de los quemadores de baja producción de NO_x son muy diversas, y van desde 30% a 89%, dependiendo del tipo de combustible y la antigüedad del quemador. El Cuadro F.3 se muestra la eficiencia de reducción de NO_x al utilizar LNB en algunos quemadores de pequeña escala.

Con respecto al desarrollo de tecnología, Japón era el líder en la obtención de patentes de tecnologías combinadas de SCR y disminución de NO_x en el pasado, específicamente durante la década de 1970, cuando su porcentaje de patentes alcanzó el 45.2%. Recientemente, ha sido superado por otros países como los Estados Unidos de América y Corea del Sur. A principios de la década de 1990, Japón mantuvo la posición de liderazgo, con un promedio de 38.6 patentes por año, pero ha disminuido desde 1996. Por otro lado, las patentes en los Estados Unidos y Corea del Sur han aumentado constantemente. En particular,

Cuadro F.3. Eficiencias de reducción de NO_x con los quemadores de baja producción de NO_x

Quemador (para el año 2007)		Emisión de NO _x (kg por año)	Cantidad de combustible (Gcal por año)	Costo del combustible (1 000 won por año)	Eficiencia de reducción de NO _x (%)
Combustible	Tipo				
Petróleo pesado	Existente	1 091.3	1 626.4	80 507	–
	Nuevo (LNB)	768.9	1 585.3	78 472	30
LNG	Nuevo (LNB)	123.5	1 587.1	76 340	89
Petróleo ligero	Normal	435.9	1 626.4	168 170	–
	Nuevo (LNB)	212.4	1 585.3	163 920	51
LNG	Nuevo (LNB)	122.9	1 579.9	75 993	72
LNG	Normal	309.0	1 626.4	78 230	–
	Nuevo (LNB)	123.3	1 585.3	76 253	60

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318452>

Corea ha estado muy activo en la tecnología combinada de SCR y disminución de NO_x desde 1999 y Europa ha incrementado diez veces el número de patentes desde 1985.

Es interesante observar también los aspectos temporales de desarrollo de tecnologías combinadas de SCR y disminución de NO_x aplicables a las centrales eléctricas. Para el total de patentes de tecnología combinada de SCR y disminución de NO_x, Japón ha obtenido la mayor cantidad con 45.2%, seguido por Estados Unidos con 27.8%, Europa con 15.0% y Corea con 11.9%. En contraste, para el periodo más reciente de cinco años, los EE.UU. han tomado la primera posición con 32.7%, seguidos por Corea con 23.1% y Europa con 16.7%, mientras que la participación de Japón se ha reducido a 27.6%.

Entre todos los tipos de estrategias de reducción de emisiones de NO_x, Corea ha sido más activo en las tecnologías SCR, como se puede observar en el Cuadro F.4. En el caso de la tecnología combinada de SCR y disminución de NO_x aplicable a las centrales eléctricas en Corea, la tecnología SCR ocupó el primer lugar con 50.0%, seguida de las tecnologías SNCR con 20.1% (las tecnologías híbridas SCR/SNCR sólo representan 1.5%). Por otra parte, las tecnologías de eliminación de N₂O ocuparon 5.9%, las tecnologías de eliminación de mercurio 0.1% en el campo técnico de SCR y SNCR, las tecnologías de catalizadores de tipo corrugado representaron 12.3%, y las de catalizador tipo nano 9.3% en catalizadores con disminución de NO_x tipo corrugado.

Las patentes de tecnología SCR han aumentado considerablemente desde 1998 y han estado más activas que otras, a pesar de que las tecnologías de eliminación de N₂O y de eliminación de mercurio, así como las de catalizador TI tipo nano, comenzaron su actividad en 2001. La primera patente de tecnología de catalizador de tipo corrugado fue otorgada en 1978. Desde 1986, las patentes de tecnologías relacionadas se han incrementado poco a poco. Más recientemente, Corea ha avanzado de manera significativa en las tecnologías SCR, SNCR y de catalizador TI tipo nano. Las tecnologías de catalizador tipo corrugado mostraron una mejora gradual durante el periodo 1985-89, como se indica en la Gráfica F.7.

Otro método para observar la innovación es el uso de los códigos internacionales de clasificación de patentes, con el fin de identificar las patentes pertinentes entregadas en el Departamento de Propiedad Intelectual de Corea del Sur, las cuales se encuentran clasificadas por año de prioridad y país de origen de la invención. Las Gráficas F.6 y F.7 identifican

Cuadro F.4. Patentes por campo técnico en Corea

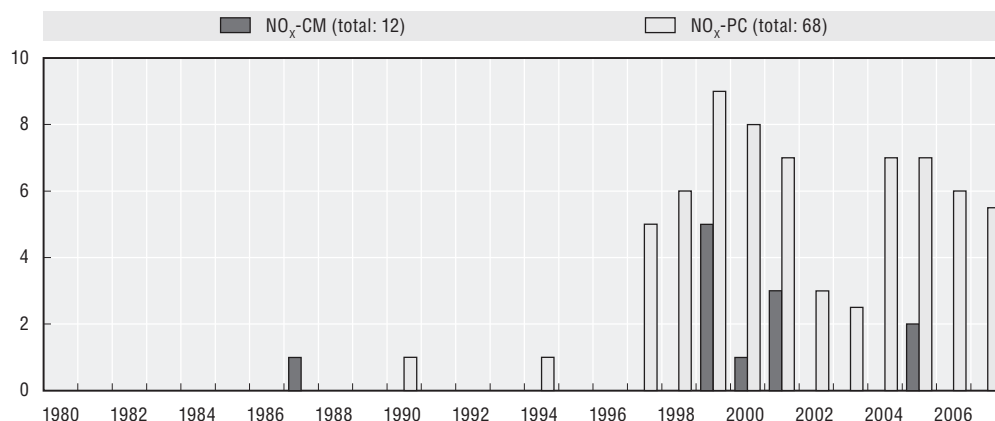
	SCR	SNCR	SCR/SNCR híbridas	Catalizador tipo corrugado	Catalizador Ti tipo nano	Eliminación de mercurio	Eliminación de N ₂ O
1975-79				1			
1980-84							
1985-89	5			4			
1990-94	3	4	1	9			1
1995-99	27	19	1	6	2		
2000-04	67	18	1	5	17	2	11

Fuente: KIPO (2007).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318471>**Gráfica F.6. Patentes de reducción de SO_x en Corea**

	SCR	SNCR	SCR/SNCR híbridas	Catalizador tipo corrugado	Catalizador Ti tipo nano	Eliminación de mercurio	Eliminación de N ₂ O
1975-79				1			
1980-84							
1985-89	5			4			
1990-94	3	4	1	9			1
1995-99	27	19	1	6	2		
2000-04	67	18	1	5	17	2	11

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317825>**Gráfica F.7. Patentes de reducción de NO_x en Corea**

Fuente: OCDE (2009).

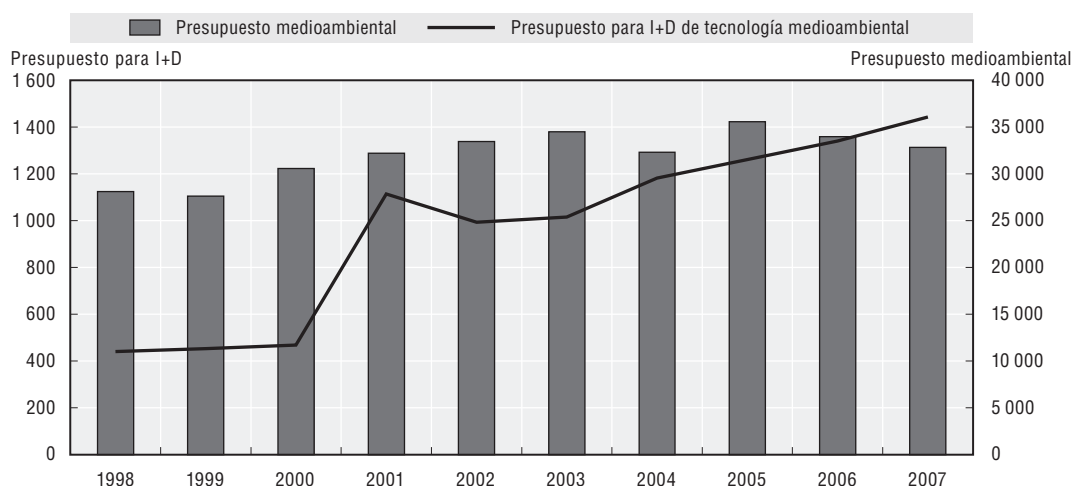
<http://dx.doi.org/10.1787/888932317844>

las patentes para SO_x y NO_x, respectivamente, las emisiones relacionadas con las tecnologías de modificación de combustión (CM) y las tecnologías de post combustión (PC).

Por último, se pueden indagar los cambios en el medio ambiente y los presupuestos de investigación y desarrollo para tecnología medioambiental. Como se indica en la Gráfica F.8, el presupuesto para investigación y desarrollo de tecnologías medioambientales ha registrado incrementos graduales desde el año 2000.

Las cinco plantas eléctricas más grandes en Corea ocupan cerca de 25% del consumo interno de combustibles fósiles cada año y 15% de las emisiones nacionales de contaminantes en el aire. En consecuencia, éstas hacen grandes inversiones para el control de contaminantes del aire. En el caso de las instalaciones nacionales de desulfuración, la inversión de las cinco centrales eléctricas más grandes asciende a 2.3 billones KRW en 58 compras de equipo, desde finales de 1990. La cantidad se redujo entre 2004 y 2005, pero ha aumentado desde entonces. Además, la inversión en la construcción de instrumentos de control de contaminantes del aire incrementó anualmente entre 2003 y 2006.

Gráfica F.8. Presupuesto para I+D ambiental
Cientos de millones de won



Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317863>

Conclusiones

Las emisiones de NO_x se incrementaron de 1999 a 2003, pero disminuyeron en 2004. La disminución en las emisiones de NO_x parece ser el resultado de la reducción del consumo de energía por parte de las compañías de gran tamaño y de la combustión de vehículos de transporte. Las emisiones de SO_x se redujeron de 1999 a 2004, pero comenzaron a incrementarse en 2005. El aumento de emisiones de SO_x parece ser el resultado del aumento en el contenido de azufre de ciertos tipos de petróleo; la concentración de SO_2 es más alta en Incheon que en otras áreas, debido al uso de aceite combustible con altos contenidos de azufre realizado por los buques.

Japón fue el líder en la obtención de patentes de tecnologías combinadas de SCR y disminución de NO_x en el pasado, pero recientemente ha sido superado por otros países como los Estados Unidos de América y Corea del Sur. En los últimos cinco años, Estados Unidos de América obtuvo el mayor número de patentes con 32.7%, seguido por Corea con 23.1% y Europa con 16.7%.

El programa de limitación y comercio está dirigido a 136 fábricas en Seúl, Incheon y el área de Gyeonggi, para NO_x , SO_x y PM. La Fase 1 del programa entró en vigor en enero de 2008 y la Fase 2 se promulgó en julio de 2009. Sin embargo, es prematuro evaluar la reducción de emisiones de NO_x y SO_x , las mejoras en la calidad del aire y las tendencias de las

patentes en Corea desde la introducción del programa de limitación y comercio. Para poder llevar a cabo una evaluación completa del impacto del sistema, son necesarios los datos de más de cinco o seis años. Será necesario un estudio futuro en esta área.

Referencias

Korean Intellectual Property Office (KIPO) (2007), *Application Trends of Combined SCR De-NO_x Technology in Korea*, KIPO, Korea.

OECD (2009), *A Case Study of the Innovation Impacts of the Korean Emission Trading System for NO_x and SO_x Emissions*, OECD, París.

ANEXO G

Las respuestas de innovación a los incentivos públicos en las empresas de Reino Unido: un enfoque basado en las entrevistas

En este estudio de caso se investiga a las empresas de Reino Unido, así como la influencia de varias políticas públicas y la fuerza de los mercados en sus respuestas de innovación. Se observó una fuerte correlación entre las metas a nivel empresarial por el uso de energía o emisiones de gases de invernadero e I+D (siendo ambas generales y relacionadas con el cambio climático). La presión de los inversionistas y los clientes parece dirigir asimismo los procesos de innovación. El efecto de los UE ETS fue positivo para la innovación en general, pero no para la relacionada con el cambio climático, lo que hace notar los problemas potenciales de predictibilidad del sistema de comercio o las dificultades para la medición de innovación.

Fundamentos para el estudio

Las mejoras significantes en la eficiencia de energía son la pieza clave de cualquier política climática que intente lograr una reducción sustancial de emisiones de carbono en el sector empresarial. Sin embargo, la investigación de más de tres décadas ha demostrado la dificultad de conciliar las teorías neoclásicas sobre el uso de energía con los datos. Por ejemplo, tanto consumidores como empresas aplican tasas de descuento extremadamente altas al evaluar la inversión en eficiencia energética, lo que suscita perfiles de estímulo desfavorables, puesto que dichas inversiones usualmente ofrecen un flujo de ahorros energéticos durante su vida útil. Este fenómeno aparentemente irracional es llamado con frecuencia la “paradoja de la eficiencia energética”. Una teoría señala hacia ciertos tipos de fracaso del mercado (medioambiental y el relacionado con la innovación) que impiden las inversiones eficientes en el contexto de mejoras de eficiencia energética. En contraste, es posible ver más allá del paradigma de la empresa neoclásica en general y centrarse en las fricciones dentro de la empresa. Este enfoque destaca el papel de la estructura organizacional y las prácticas de gestión, en la creación de barreras contra la inversión en eficiencia energética. Tales inversiones permanecerán ineficaces si, por ejemplo, la gestión emprende un comportamiento de optimización a corto plazo o existe una falta de recursos y/o atención en los proyectos de reducción de costos que no forman parte de las actividades principales de la empresa. Sin embargo, la evidencia empírica sobre la magnitud de estos efectos, y la manera precisa en la que funcionan, es escasa. Este estudio tratará de analizar cómo estos factores pueden afectar la decisión de las empresas en relación con el medio ambiente.

Con el fin de evaluar la importancia de las interrelaciones entre los incentivos públicos/reglamentos para el uso de energía, la gestión empresarial y la práctica, los gerentes de las empresas manufactureras de Reino Unido fueron entrevistados acerca de una serie de prácticas administrativas pertinentes para la política climática, el uso de la energía, la innovación y la competitividad. En un segundo paso, esta información se vincula a, y analiza integralmente con, los datos a nivel de empresa sobre el desempeño económico y el consumo de energía.

Diseño del estudio

Este estudio se aparta de los enfoques tradicionales de investigación de inversiones en eficiencia energética, tales como la interpretación de las decisiones observadas como si fueran preferencias expresas de los agentes económicos. Una forma sencilla de obtener información acerca de la motivación de la gente y su comportamiento, es preguntarles. Por desgracia, los datos obtenidos en los cuestionarios son vulnerables a diversos tipos de sesgo en la encuesta. Una forma de mitigar el sesgo de la encuesta es llevar a cabo entrevistas poco estructuradas con los informantes, en lugar de recoger información a través de cuestionarios. Por lo tanto, los gerentes de las instalaciones de fabricación británicas fueron entrevistados para este estudio (Martin *et al.*, 2009).

Se llevaron a cabo entrevistas telefónicas estructuradas a directores de instalaciones de producción del Reino Unido, seleccionadas aleatoriamente, pertenecientes al sector manufacturero. Las características definitorias de este diseño de investigación son las siguientes. En primer lugar, el proceso de entrevista sigue una estrategia de doble ciego, en la que los entrevistados no saben que están siendo evaluados en escalas ordinales y los entrevistadores no conocen las características de rendimiento de la empresa que se está entrevistando. Además, el entrevistador incita a los entrevistados en un diálogo con preguntas abiertas que están diseñadas para no ser respondidas por “sí” o “no”. Con base en este diálogo, el entrevistador evalúa y clasifica a la empresa en diversas dimensiones con una escala ordinal de uno a cinco. Este proceso ayuda a reducir varias fuentes de sesgo potencial; mediante el uso de preguntas abiertas, el orden de las preguntas es menos importante y los encuestados son menos propensos a responder a lo que es “socialmente aceptable”. Los resultados de las entrevistas también están vinculados a datos independientes sobre desempeño económico como un ejercicio de validación y algunas entrevistas se califican dos veces para fines de ratificación.

La encuesta busca recoger información sobre tres factores principales referentes a la eficacia de las políticas de cambio climático:

- Las motivaciones detrás de la decisión de una empresa para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Estas incluyen la concienciación de la administración sobre cuestiones de cambio climático (incluso si se trata de una oportunidad potencial de negocios) y si la empresa vende productos relacionados. Se inquiriere la participación en UE ETS, CCL/CCA de Reino Unido y el efecto de otras políticas gubernamentales, así como la dificultad de su cumplimiento. Se investiga la presión de clientes e inversionistas en relación con el cambio climático.
- Las medidas específicas que adoptan las empresas de forma voluntaria y como respuesta a las políticas obligatorias sobre el cambio climático. Éstas incluyen el monitoreo de las emisiones de gases de efecto invernadero y el establecimiento de objetivos, la adopción (o no adopción) de las tecnologías y los criterios de recuperación de la inversión utilizados. Se le pregunta también a las empresas sobre sus políticas de I+D y su organización interna.
- La eficacia relativa de distintas medidas.

En total, se entrevistó a 190 empresas de diferentes subsectores de la industria manufacturera (por ejemplo, fábricas de papel, reparación de buques, semiconductores, etc.). El tamaño de las empresas en términos de empleados en el Reino Unido oscila entre los 20 y más de 45 000, mientras que el tamaño global y de las plantas también muestra una fuerte disparidad; 70% son empresas de múltiples unidades, mientras que 80% de las empresas son en última instancia propiedad de multinacionales extranjeras de diferentes orígenes, tales como Sudáfrica, Corea del Sur, Francia o Estados Unidos de América.

Los ingresos netos y el volumen de ventas, tal como lo reportan en sus cuentas anuales, muestran la misma variación. Las empresas también difieren mucho en su antigüedad; algunas son muy jóvenes (un año) y otras tienen más de dos siglos. El grado de competencia que enfrentan las empresas, tanto en el Reino Unido como a nivel internacional, va desde lo inexistente hasta niveles muy altos. La mayoría de las empresas exportan sus productos e importan una parte de sus insumos, aunque, como se dijo antes, la intensidad de esto varía ampliamente. La afiliación a los sindicatos va de inexistente a todos los empleados y la fracción de directivos en la empresa está, usualmente, por debajo de 15%. En consecuencia, las empresas de la muestra representan una amplia variedad de actividades, tamaño, rentabilidad, antigüedad, actividad internacional y propiedad.

La fracción de los costos de energía en relación con los costos totales se informó por la mitad de los entrevistados y presentó una variación de 0% a 80%, mientras que algunos reportaron la energía como una fracción del volumen de ventas, lo que representa entre 0% y 32%. Las emisiones totales de carbono muestran grandes disparidades en 27% de las empresas que las reportaron, y van de menos de una tonelada a más de 400 000 toneladas. Sesenta y ocho por ciento de los sitios entrevistados han implementado un sistema ISO 14 000 de gestión ambiental.

Para condensar la información obtenida a través de las entrevistas, los datos sin procesar se agregaron a los índices de resumen de las respuestas de las entrevistas sobre diferentes temas. El Cuadro G.1 proporciona una representación gráfica de la construcción de cada índice de resumen de dos índices globales de atención al cambio climático. Todos los índices de resumen se construyen como promedios no ponderados de las puntuaciones subyacentes, los cuales serán diferentes en todos los sectores. En las regresiones siguientes, se incluyen simulaciones de sector SIC de tres dígitos que controlan tales diferencias sistemáticas.

Vinculación de las políticas climáticas con los resultados ambientales y los datos económicos

El Cuadro G.2 ofrece los resultados de la regresión de los diversos datos de las entrevistas en estadísticas ambientales y económicas identificables. Las variables de rendimiento en estas regresiones se obtienen al cotejar la entrevista realizada a la gerencia con los microdatos empresariales que mantiene el Departamento de Estadísticas Nacionales de Reino Unido. Cada panel y cada columna representan una regresión por separado. La variable dependiente en las cuatro primeras columnas es (el registro de) la intensidad energética, que se define en las columnas 1 y 2 como el gasto en energía dividido entre la producción bruta o, en las columnas 3 y 4, como el gasto en energía sobre los gastos de funcionamiento (costos de salarios y gastos en materiales). El capital se agrega como una variable de control adicional en las columnas 2 y 4. La columna 5 muestra la productividad total de factores (PTF). Un índice global de atención al cambio climático derivado de la encuesta (puntuación global) está intensa y negativamente correlacionado con la intensidad energética y

ello controla el capital, lo cual era de esperarse. Curiosamente, también se correlaciona positivamente con la productividad, lo cual es consistente con la idea de que las empresas con mejor gestión son más productivas y consumen menos energía.

De la amplia gama de variables disponibles en la encuesta, destacan dos factores en particular. En primer lugar, la existencia y severidad de los objetivos para cantidades energéticas se asocia negativamente con la intensidad energética. Es decir, las empresas con objetivos (o metas más estrictas) son notoriamente menos intensivas energéticamente que sus pares. En segundo lugar, existe una fuerte correlación negativa entre la intensidad energética y la severidad relativa de los criterios de inversión que aplican las empresas. Es decir, las empresas que son más exigentes sobre las tasas críticas de rentabilidad o el tiempo de recuperación, cuando se trata de inversiones que podrían ahorrar energía son, de hecho, las más intensivas energéticamente. Aunque se debe ser prudente al hacer una interpretación causal, los resultados son consistentes con el hallazgo bien conocido en la literatura sobre la “brecha de eficiencia energética”, que señala que algunas empresas no están aplicando de manera “racional” los criterios de inversión.

En primer lugar, como se indica por las altas tasas críticas de rentabilidad, el problema podría ser externo a la empresa; por ejemplo, los bancos e instituciones financieras podrían exigir criterios muy estrictos de retorno de inversión para las mismas. Esto coincide con los hallazgos del Régimen de Aumento de las Deducciones por Capital (ECA, por sus siglas en inglés). El ECA es un subsidio del gobierno para las inversiones en equipos de ahorro energético. Para los usuarios de ECA hay una fuerte correlación negativa con la intensidad energética y una correlación muy positiva con la productividad. Este hallazgo podría indicar que la imperfección del mercado de capitales impide que las empresas realicen inversiones que estén mitigadas por el régimen ECA. En segundo lugar, el problema podría ser, de hecho, uno interno para la empresa. Por ejemplo, si las empresas de alto consumo energético no emprenden siquiera medidas simples, tales como el establecimiento de objetivos, éstas podrían ser menos propicias a obtener los beneficios del ECA. En contraste, las empresas que establecen objetivos de energía o carbono y solicitan el ECA son en promedio más productivas y menos intensivas energéticamente. En cuanto a la política gubernamental, otro resultado interesante es la correlación negativa entre la participación en una auditoría del Fondo del Carbono y la intensidad energética. Se requieren más estudios para determinar si esto es endógeno o, efectivamente, causal.

Se puede repetir el análisis de productividad utilizando las medidas de los resultados alternativos al cotejar los datos de las entrevistas, con los datos del balance general disponible al público (obtenido de la Base de Datos ORBIS). Los datos sobre energía no se encuentran en esta base de datos, sin embargo, al cotejar estos datos con los de las entrevistas se obtiene un resultado más preciso. Los resultados se muestran en el Cuadro G.3. La productividad laboral se considera en la primera columna, donde cada regresión de las diferentes puntuaciones del logaritmo de volumen de ventas, incluye también el logaritmo de empleo como control. Las columnas 2 y 3 consideran la productividad total de factores (PTF) mediante la inclusión del (logaritmo de) empleo, materiales y capital en cada regresión sobre el volumen de ventas. La columna 3 agrega, como control, una simulación para la identidad del entrevistador.

El índice derivado de atención al cambio climático está fuerte y positivamente correlacionado con la productividad. El coeficiente disminuye casi a la mitad una vez que se incluye el capital y los materiales. Entre otras cosas, la atención al cambio climático podría afectar la productividad mediante el aumento a la inversión en capital a través de tecnolo-

Cuadro G.1. Motores de la innovación y la construcción de índices

Pregunta	Signo	Índice	(1)	(2)
Puntuación de conciencia sobre el cambio climático	+	Conciencia	+	
Puntuación de productos relacionados con el cambio climático	+		+	+
Impacto positivo del cambio climático	+		+	
Participación en ETS (0/1)	+	ETS	+	
Puntuación de la severidad del objetivo ETS	+		+	
Objetivo ETS (en porcentaje)	+		+	+
Duración de la participación	+		+	
Puntaje de racionalidad del comportamiento	+		+	
Participación en CCA(0/1)	+	CCA	+	
Puntuación de la severidad del objetivo CCA	+		+	
Objetivo CCA (en porcentaje)	+		+	+
Duración de la participación	+		+	
Puntuación de la presión de competitividad debido al cambio climático	+	Presión de competitividad	+	
Puntuación de la reubicación de competitividad debido al cambio climático	+		+	+
Puntuación de la presión del cliente	+	Otros motivadores	+	
Puntuación de la presión del inversionista	+		+	+
Presencia de los objetivos energéticos (0/1)	+	Objetivos de cantidad de energía	+	
Puntuación de monitoreo energético	+		+	
Puntuación de los objetivos de consumo	+		+	
Objetivo de consumo energético (en porcentaje)	+		+	+
Duración de la existencia del objetivo	+		+	
Puntuación del cumplimiento de los objetivos	+		+	
Presencia de los objetivos de gases de invernadero (0/1)	+	Objetivos de gases de invernadero	+	
Puntuación de monitoreo de gases de invernadero	+		+	
Puntuación de los objetivos de emisiones de gases de invernadero	+		+	
Objetivo de emisiones de gases de invernadero (en porcentaje)	+		+	+
Duración de la existencia del objetivo	+		+	
Puntuación del cumplimiento de los objetivos	+		+	
Puntuación de las mediciones en el sitio	+	Mediciones en el sitio	+	
Tasa de obstaculización de las inversiones de eficiencia energética	-		-	
Tiempo de recuperación de la inversión en eficiencia energética	+		+	+
Puntuación de barreras a las inversiones en eficiencia energética	-		-	
Participación de la auditoría energética del Fondo del Carbono (0/1)	+	Auditoría del Fondo del Carbono	+	
Auditoría energética del Fondo del Carbono (hace cuánto tiempo)	+		+	+
Régimen de Aumento de las Deducciones por Capital (0/1)	+	Aumento de las Deducciones por Capital	+	
Régimen de Aumento de las Deducciones por Capital (hace cuánto tiempo)	+		+	+
Investigación y Desarrollo – puntuación de la amplitud de la innovación	+	Innovación	+	
Puntuación del proceso de innovación	+		+	+
Puntuación de la innovación de productos	+		+	

Fuente: Martin et al. (2009).

gías más limpias. En este caso, el coeficiente del índice global podría ser una subestimación, cuando el capital se incluye en las columnas 2 y 3.

La productividad está fuerte y positivamente correlacionada con los objetivos y las medidas. El índice de energía de los objetivos incluye el monitoreo del uso energético, la severidad de los objetivos y el período de tiempo que lleven implementados. La correlación positiva entre la PTF y el índice en sitio de las medidas, es comparable a la primera serie de resultados. Una vez más, la productividad está fuerte y positivamente correlacionada con el Aumento de las Deducciones por Capital, así como los índices de auditoría energética del Fondo del Carbono.

Cuadro G.2.

Índice/puntuación	Energía sobre producción		Energía sobre costos variables		PTF
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Conciencia	-0.07 (0.088)	-0.11 (0.136)	-0.078 (0.091)	-0.104 (0.141)	0.068 (0.056)
ETS	0.18 (0.149)	0.151 (0.175)	0.14 (0.137)	0.038 (0.155)	0.051 (0.105)
CCA	0.193 (0.134)	0.189 (0.133)	0.219* (0.131)	0.185 (0.131)	0.075 (0.064)
Presión de competitividad	-0.067 (0.055)	-0.17 (0.104)	-0.078 (0.056)	-0.164* (0.098)	-0.002 (0.062)
Otros motivadores	-0.086 (0.089)	-0.109 (0.105)	-0.076 (0.097)	-0.08 (0.118)	0.048 (0.049)
Objetivos de cantidad de energía	-0.138 (0.090)	-0.272*** (0.095)	-0.097 (0.090)	-0.202** (0.097)	0.216*** (0.066)
Objetivos de gases de invernadero	0.085 (0.096)	-0.026 (0.121)	0.118 (0.099)	0.048 (0.115)	0.190** (0.073)
Objetivos	-0.081 (0.098)	-0.255** (0.110)	-0.032 (0.107)	-0.159 (0.119)	0.277*** (0.085)
Mediciones en el sitio	-0.062 (0.072)	-0.072 (0.089)	-0.029 (0.073)	-0.019 (0.092)	0.182*** (0.064)
Auditoría del fondo del carbono	-0.068 (0.061)	-0.104 (0.063)	-0.130** (0.062)	-0.145** (0.067)	0.022 (0.046)
Aumento de las deducciones por capital	-0.288** (0.113)	-0.296** (0.128)	-0.208* (0.109)	-0.228* (0.126)	0.131** (0.055)
Severidad de los criterios de inversión	0.331*** (0.106)	0.432*** (0.111)	0.344*** (0.108)	0.526*** (0.119)	-0.132 (0.109)
Innovación	0.044 (0.107)	-0.028 (0.123)	-0.064 (0.106)	-0.093 (0.123)	-0.001 (0.064)
Puntuación global 1	-0.18 (0.150)	-0.418** (0.184)	-0.191 (0.169)	-0.360* (0.203)	0.331** (0.130)
	-0.189 (0.146)	-0.429** (0.186)	-0.215 (0.163)	-0.391* (0.201)	0.341** (0.140)
Control del capital	No	Sí	No	Sí	Sí
Simulaciones de sector de tres dígitos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Simulaciones de año	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Observaciones	966	756	966	756	756

* Significant at 10%.

** Significant at 5%.

*** Significant at 1%.

Fuente: Martin et al. (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318490>

El índice de conciencia sobre el cambio climático —aunque insignificante en el primer conjunto de resultados— está ahora positiva y significativamente correlacionado con la PTF. Por lo tanto, las empresas más productivas son también las más propensas a tener productos relacionados con el cambio climático, así como a prever los efectos positivos del mismo y a mostrar una mayor conciencia sobre los problemas que éste genera en su gestión. Además, a un nivel de 10% de confianza, la presión que ejercen los inversionistas y los clientes, resumida en el índice de “otros motivadores”, se correlaciona positivamente con la PTF.

Cuadro G.3. Resultados de los estudios y productividad

	Productividad laboral	PTF	
	(1)	(2)	(3)
Conciencia	0.004 (0.050)	0.062** (0.024)	0.070*** (0.024)
UE ETS	0.190** (0.096)	0.129* (0.068)	0.109 (0.069)
CCA	0.243*** (0.063)	0.023 (0.039)	0.022 (0.037)
Presión de competitividad	-0.039 (0.040)	-0.002 (0.025)	0.003 (0.024)
Otros motivadores	0.024 (0.047)	0.050* (0.028)	0.049* (0.027)
Objetivos energéticos	0.241*** (0.054)	0.087*** (0.029)	0.084*** (0.029)
Objetivos de gases de invernadero	0.225*** (0.064)	0.058 (0.039)	0.065 (0.040)
Objetivos globales	0.287*** (0.065)	0.102*** (0.038)	0.104*** (0.037)
Mediciones en el sitio	0.104** (0.049)	0.080** (0.038)	0.079** (0.038)
Auditoría del Fondo del Carbono	0.129** (0.050)	0.087*** (0.024)	0.076*** (0.027)
Aumento de las Deducciones por Capital	0.083 (0.065)	0.059** (0.027)	0.079*** (0.028)
Innovación	0.078 (0.057)	0.008 (0.040)	0.027 (0.040)
Atención al cambio climático (1)	0.340*** (0.107)	0.172*** (0.056)	0.173*** (0.054)
Atención al cambio climático (2)	0.326*** (0.118)	0.174*** (0.059)	0.172*** (0.058)
Simulaciones de sector y tiempo	Yes	Yes	Yes
Simulaciones de entrevistador	No	No	Yes
Observaciones	1 387	1 106	1 106

Notas: La variable dependiente en todas las regresiones es el logaritmo del volumen de ventas. En la primera columna, el logaritmo de empleo está incluido en las variables explicativas tales como la captura de productividad laboral, mientras que la segunda y la tercera columna aproximan la productividad total de factores, al incluir también el logaritmo de capital y materiales. Cada panel muestra el coeficiente y los errores estándar agrupados a nivel de empresa (es decir, robustos en cuanto a heterocedasticidad y auto correlación de forma desconocida) en relación con cada índice explicativo global incluido en regresiones separadas.

* Significativa a 10%.

** Significativa a 5%.

*** Significativa a 1%.

Fuente: Martin et al. (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318509>

Vinculación de la política climática con la innovación

Es de gran importancia entender cómo las prácticas de gestión y las políticas gubernamentales afectan la actividad innovadora de una empresa. Para corroborar la fortaleza de la medida de la encuesta sobre I+D, se realizó una regresión de la misma con el número de patentes de una empresa (mediante los datos de la Oficina Europea de Patentes) y se obtuvo un resultado consistente.

El Cuadro G.4 muestra los resultados de los modelos de regresión lineal donde la variable dependiente es la puntuación para el proceso de innovación (en las columnas 1 y 2) relacionado con el cambio climático (CCR, por sus siglas en inglés), la puntuación para la innovación de productos CCR, y la puntuación para la importancia de la I+D común en la empresa. Se incluyen como variables explicativas otras puntuaciones e índices a partir de los datos de la encuesta, donde cada panel corresponde a una regresión por separado.

Conciencia sobre el cambio climático: En los paneles 1 y 2, ambos tipos de I+D CCR están fuertemente correlacionados tanto con el grado de conciencia sobre el cambio climático, como con la importancia de los productos CCR de la empresa. Esto corrobora la coherencia interna de las respuestas de la encuesta. El hallazgo insignificante para I+D global señala que la muestra está bien estratificada, en el sentido de que no todas las empresas con I+D intensiva están muy conscientes del cambio climático o de los fabricantes de productos CCR.

Acuerdos sobre el cambio climático y exacción sobre el cambio climático (CCA y CCL): El panel 3 muestra estimaciones insignificantes de coeficientes de participación en un acuerdo sobre cambio climático. El otro estudio de CCL en el Reino Unido (estudio de caso H) explica que, dado que todas las empresas están sujetas a la exacción sobre cambio climático, es posible identificar únicamente el efecto de los acuerdos sobre cambio climático, los cuales otorgaron a ciertas empresas un gran descuento en sus responsabilidades fiscales si se comprometían a reducir su consumo de energía. Este insignificante resultado, podría llevar a creer que la combinación del descuento al impuesto y los objetivos en la cantidad, representados por los CCA, proporciona incentivos para la I+D muy similares a la exacción sobre cambio climático; al menos en este caso en particular. Sin embargo, el análisis de la concesión de patentes que se presentan en el otro estudio contrapone fuertemente tal conclusión. Las empresas con CCA obtienen un número significativamente menor de patentes que las empresas con CCL. Además, es necesario el uso de métodos para los datos del panel y así controlar factores no observables específicos de la empresa que afectan tanto su actividad innovadora, como su decisión para participar en un CCA. Por lo tanto, se deben utilizar los resultados del otro estudio de caso sobre el impacto de la participación en los CCA en la innovación.

Presiones de competitividad: No existe un efecto importante del índice de presión de competitividad en la innovación. Esto probablemente se deba a que, en principio, pocas empresas esperaban un efecto importante de las políticas de cambio climático sobre la competencia y la reubicación.

Aumento de las Deducciones por Capital: En contraste con los hallazgos anteriores, no hay pruebas sólidas de que los beneficiarios del Aumento de las Deducciones por Capital realizaran mayores innovaciones. Una posible explicación al respecto es que el subsidio haya sido otorgado para la adopción de tecnologías existentes y no para gastos en I+D que podrían ocasionar resultados inciertos. Probablemente, el subsidio liberó recursos financieros que las empresas utilizaron posteriormente en proyectos de I+D, no obstante, este efecto indirecto no ha sido estimado con suficiente precisión como para considerarse definitivo.

Objetivos: Los paneles 6, 7 y 8 muestran una fuerte correlación positiva entre la innovación de los procesos CCR y los objetivos para cantidades energéticas, así como las emisiones de gases de invernadero. Esto resulta interesante y requiere de un examen más detallado sobre los mecanismos subyacentes. Por ejemplo, es posible que los directivos de alto nivel emprendan un proyecto de I+D CCR y posteriormente establezcan objetivos estrictos respecto a la cantidad de energía con el fin de fortalecer los incentivos para obtener

Cuadro G.4. Resultados de las encuestas e innovación

	R&D type					
	Innovación del proceso CCR				Global	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1) Productos CCR (Puntuación)	0.422*** (0.146)	0.395** (0.154)	0.825*** (0.160)	0.762*** (0.183)	0.1 (0.179)	0.11 (0.198)
(2) Conciencia sobre CCR (Índice de resumen)	0.343** (0.134)	0.301** (0.139)	0.497*** (0.140)	0.500*** (0.137)	0.22 (0.142)	0.25 (0.150)
(3) Severidad del CCA (Índice de resumen)	0.17 (0.121)	0.12 (0.138)	-0.12 (0.138)	-0.15 (0.154)	0.0 (0.124)	0.03 (0.151)
(4) Presiones de competitividad (Índice de resumen)	0.08 (0.070)	0.10 (0.070)	-0.09 (0.152)	-0.13 (0.158)	0.14 (0.128)	0.15 (0.139)
(5) Aumento de las Deducciones por Capital (Índice de resumen)	0.09 (0.117)	0.14 (0.122)	0.14 (0.158)	0.12 (0.175)	0.165* (0.092)	0.17 (0.104)
(6) Objetivos de cantidad de energía (Índice de resumen)	0.387*** (0.102)	0.395*** (0.113)	0.04 (0.137)	0.11 (0.165)	0.291** (0.119)	0.300** (0.135)
(7) Objetivos de gases de invernadero (Índice de resumen)	0.495*** (0.143)	0.439*** (0.155)	0.395** (0.178)	0.368* (0.197)	0.443*** (0.139)	0.432*** (0.155)
(8) Objetivos (Índice de resumen)	0.482*** (0.135)	0.451*** (0.147)	0.14 (0.172)	0.17 (0.197)	0.392*** (0.149)	0.383** (0.165)
(9) UE ETS (Índice de resumen)	-0.04 (0.18)	-0.1 (0.218)	-0.05 (0.157)	-0.02 (0.191)	0.287* (0.170)	0.423* (0.237)
(10) Mediciones en el sitio (Índice de resumen)	0.269** (0.105)	0.250** (0.103)	0.11 (0.12)	0.14 (0.128)	-0.01 (0.127)	-0.07 (0.128)
(11) Otros motivadores (Índice de resumen)	0.429*** (0.101)	0.409*** (0.110)	0.342** (0.132)	0.300** (0.151)	0.371*** (0.118)	0.385*** (0.133)
(12) Auditoría del Fondo del Carbono (Índice de resumen)	0.13 (0.101)	0.06 (0.104)	0.08 (0.112)	0.05 (0.117)	-0.08 (0.107)	-0.05 (0.106)
(13) Presión de los clientes (Puntuación)	0.427*** (0.159)	0.357** (0.175)	0.343* (0.185)	0.28 (0.203)	0.392** (0.188)	0.471** (0.205)
(14) Presión de los inversionistas (Puntuación)	0.464*** (0.172)	0.498*** (0.176)	0.408* (0.212)	0.35 (0.251)	0.455** (0.18)	0.434** (0.206)
(15) Severidad de los criterios de inversión (Puntuación)	-0.11 (0.435)	-0.16 (0.467)	0.22 (0.397)	0.34 (0.470)	-0.03 (0.409)	0.23 (0.426)
Controles del sector	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Controles del capital social	No	Yes	No	Yes	No	Yes
Observaciones	181	163	176	157	183	164

* Significant at 10%.

** Significant at 5%.

*** Significant at 1%.

Fuente: Martín et al. (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318528>

resultados exitosos del proyecto de I+D. Por otro lado, podría suceder también que se implementen objetivos estrictos desde un principio y su existencia propicie la innovación de los procesos CCR. En vista de los hallazgos anteriores de que los objetivos estrictos también se asocian con una mayor eficiencia energética, se formula la hipótesis de que sólo aquellas empresas que ya han recogido los “frutos maduros” en términos de mejoras de eficiencia energética, necesiten conducir una apropiada I+D para reducir aún más la energía utilizada en sus procesos de producción.

Resulta sorprendente que la innovación de los productos CCR esté correlacionada positivamente con las metas de cantidad de gases de efecto invernadero, pero no tanto con

los objetivos para la cantidad energética. La explicación más sencilla de lo anterior es que la innovación en los productos CCR reduzca el consumo de energía de los clientes de las empresas, pero no necesariamente ayude a la propia empresa para cumplir sus metas de cantidad energética. Sin embargo, para una empresa que intenta vender un producto CCR, podría ser importante ser percibida por sus clientes como “preocupada por el cambio climático”, y en consecuencia, la presencia de objetivos para gases de efecto invernadero formaría una parte vital de su estrategia de marketing. Nótese que, de acuerdo con esta idea, las direcciones de causalidad para la innovación de procesos y productos están diametralmente opuestas, puesto que la rigurosidad energética y los objetivos para gases de efecto invernadero origina procesos de I+D, pero la innovación de productos CCR origina objetivos de gases de efecto invernadero.

UE ETS: El panel 9 muestra que la participación en UE ETS no tuvo un efecto significativo en los procesos CCR o en la innovación de productos. La ausencia de un impacto en la innovación propiciada por esta política que abarca a toda la UE, puede explicarse, en parte, por los bajos montos de compensación promedio que han prevalecido en los mercados de carbono hasta el momento. Otro obstáculo es la alta volatilidad de las compensaciones durante la Fase 1 del régimen de comercio, lo que podría representar un problema de opciones reales. La incertidumbre sobre montos futuros podría inducir a las empresas a posponer, e incluso reducir, el gasto actual en I+D, ya que preferirían esperar y observar cómo evolucionan las compensaciones. Del mismo modo, las empresas podrían estar esperando una seguridad jurídica sobre contracciones futuras en los objetivos de ETS, posteriores al final de la Fase 2 en 2012, antes de gastar recursos en I+D CCR.

Sin embargo, la pertenencia a un ETS se asocia positivamente con la I+D global. En el mismo espíritu de la “contundente” hipótesis de Porter, uno podría argumentar que las empresas con ETS buscan avanzar en su productividad general con el fin de competir mejor en el futuro. Aún así, parece extraño que este esfuerzo no afecte en absoluto la I+D CCR. También podría suceder que una asignación generosa de compensaciones al comienzo del ETS, junto con los derechos adquiridos de compensaciones anteriores, le haya dado a las empresas ETS una ganancia inesperada de recursos financieros, parte de la cual podrían haber destinado a sus departamentos de I+D. Si bien este efecto sólo es significativo a un nivel del 10%, es consistente para la inclusión de capital que controla el tamaño de la empresa.

Mediciones en el sitio: Existe una asociación significativa y positiva entre las medidas en sitio y los procesos de innovación CCR, pero no con la innovación general o de productos. Esto es intuitivo ya que las preguntas de la encuesta sobre las medidas en sitio, se refieren a la adopción de nuevos procesos y tecnologías adecuadas para la reducción inmediata, y no para la reducción futura que podría ser provocada por los proyectos completos de I+D.

Otros motivadores: El panel 11 muestra una fuerte correlación positiva entre los otros motivadores y todo tipo de I+D. Dado que este índice es un promedio de las puntuaciones de la presión ejercida por inversionistas y clientes, los paneles 13 y 14 muestran los resultados de las regresiones por separado. Parece que ambos factores tienen un efecto de dimensiones equivalentes. Además, la relación es más fuerte para la I+D de procesos CCR, que para la I+D de productos CCR. Los coeficientes para la I+D de productos CCR en las columnas 3 y 4 del panel 11 son también significativos, pero los coeficientes separados en los paneles 13 y 14 no lo son (o los son en menor proporción). Esto sugiere que tanto la presión de los clientes como la de los inversionistas debe coincidir para inducir a una empresa a realizar I+D en productos CCR.

Auditoría del Fondo del Carbono: El panel 12 muestra que la participación en una auditoría del Fondo del Carbono no está asociada con algún cambio importante en los esfuerzos de I+D, esto coincide con el propósito de identificar las oportunidades para mejoras en la eficiencia energética con un costo cercano a cero.

Severidad de los criterios de inversión: El último panel del Cuadro G.4 muestra que la severidad de los criterios de inversión no tiene efecto en la I+D en general, esto difiere del análisis anterior sobre tasas críticas de rentabilidad. Por tanto, parece que estos criterios se aplican para orientar las decisiones en la adopción de las tecnologías existentes, pero no en la invención y comercialización de nuevas tecnologías. Esto tiene sentido, ya que el gasto en I+D es una inversión por lo regular estratégica y a largo plazo, con ganancias inciertas, por lo que una simple regla general no parece apropiada.

En resumen, algunas políticas climáticas son efectivas para mejorar la eficiencia energética. En los datos de la encuesta, hay evidencia que sugiere esto para las políticas que promueven la transferencia de prácticas conocidas y la adopción de tecnologías existentes, tales como la Auditoría del Fondo del Carbono o el Aumento de las Deducciones por Capital. En el otro estudio de caso relacionado con la exacción sobre el cambio climático (CCL, por sus siglas en inglés), tal exacción causó reducciones más grandes en el consumo de energía e incrementos de eficiencia energética que el CCA. Dado que ninguna de estas políticas estaba vigente antes de 2001, parece que la exacción sobre el cambio climático (CCL) fomentó la eficiencia energética y su innovación. En cuanto a otras políticas climáticas, los datos de la encuesta sugieren que ninguna tuvo éxito para promover la innovación. La explicación más plausible para lo anterior es que, o estas políticas se orientaron a mejoras de corto plazo en eficiencia energética (por ejemplo, las auditorías del Fondo del Carbono y el Aumento de las Deducciones por Capital), o su diseño no dio señales de fortaleza en los montos y la necesaria perspectiva de planificación estable para realizar gastos de I+D con rendimientos muy inciertos (en el caso de los UE ETS).

Un enfoque econométrico es lo más adecuado si el objetivo es derivar los efectos causales de estas políticas, como sucede en el estudio de caso relacionado. Sin embargo, la ventaja distintiva de este diseño de investigación radica en que se pueden identificar los nuevos canales de transmisión de la política de gobierno, con base en los datos detallados sobre prácticas de gestión y otras características de la empresa, reunidos durante el proceso de la entrevista. El efecto más sobresaliente es la presencia de los objetivos de cantidad energética que, cuando se combinan con una adecuada supervisión y ejecución, están fuertemente asociados con una eficiencia energética más elevada y con I+D en procesos aún mejores, así como para el uso general de I+D. Por un lado, este hallazgo da cierta confianza sobre la evaluación que señala que los objetivos de cantidad con CCA y UE ETS han sido demasiado laxos como para fomentar la innovación. Por otro lado, este hallazgo también sugiere que, aparte del establecimiento de objetivos más estrictos, posiblemente sean necesarias medidas políticas que faciliten el proceso de monitoreo y su cumplimiento adecuado, con el fin de fomentar los efectos de innovación. Además, parece que los proveedores de productos intermedios o finales que ahorran emisiones de carbono, adoptan objetivos de emisiones de gases de invernadero como parte de su estrategia de marketing, y al mismo tiempo realizan I+D para el desarrollo de estos productos. El éxito de este tipo de estrategia de marketing posiblemente dependerá de la disponibilidad de una institución que supervise y certifique la huella de carbono de la empresa. De este modo, la política no sólo ayuda a la creación de mercados para productos que ahorren emisiones de carbono, sino también a los organismos independientes que certifiquen el ahorro de emisiones de carbono derivadas de los mismos. Por último, la relación positiva entre la innovación CCR y la presión de los con-

sumidores y los inversionistas, sugiere que la presencia de tal organismo de certificación de carbono podría estimular la presión de los consumidores e inversores en la empresa. Cuanto mayor sea el grado de precisión en las calificaciones del organismo de certificación respecto a la “preocupación sobre el cambio climático” de una empresa, más claros serán los incentivos de la empresa para llevar a cabo I+D dirigida a mejorar sus calificaciones.

En resumen, las tres recomendaciones derivadas de esta investigación para la ejecución de políticas, son las siguientes: i) los incentivos en los montos para el ahorro de emisiones de carbono no deben ser diluidos con descuentos, ii) los objetivos de cantidad deben ser estrictos, fáciles de vigilar y no sólo a corto plazo, y iii) el impacto de la innovación de los objetivos de emisiones y las preferencias ecológicas del público, puede ser estimulado con la aplicación de evaluaciones independientes respecto a la huella de carbono de las empresas.

Conclusión

Este estudio de caso ha intentado mejorar la comprensión de la interdependencia entre las políticas de cambio climático, las prácticas de gestión y la innovación. Con el fin de evaluar las respuestas a nivel empresarial respecto a políticas de cambio climático, se analizaron empíricamente las prácticas de gestión relacionadas con el cambio climático, utilizando una herramienta de estudio desarrollada recientemente en la literatura sobre productividad y gestión.

Al observar los motivadores de la intensidad energética y la productividad, el análisis de regresión ha mostrado que un índice de atención general al cambio climático está correlacionado positivamente con la eficiencia energética y la productividad de manera sólida y muy significativa. Al analizar los diferentes componentes con más detalle, existen dos elementos principales que parecen estar produciendo este resultado. En primer lugar, el uso de objetivos en una empresa y el monitoreo de su consumo energético, tiene una fuerte correlación positiva con la eficiencia energética de la empresa y su productividad total de factores. En segundo lugar, existe también una correlación muy significativa y negativa entre la intensidad energética y la severidad relativa de los criterios de inversión que aplican las empresas, es decir, las empresas que son más conservadoras en sus criterios de inversión (y por lo tanto, poco propicias a invertir en tecnologías de ahorro energético) tienden a ser más intensivas energéticamente.

Lo más importante es la relación entre las características de la empresa y el impacto en la innovación. Se observó una fuerte correlación entre la utilización por parte de las empresas de objetivos respecto al uso energético o la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la I+D (tanto global como relacionada con el cambio climático). Aunque la dirección de la causalidad no puede ser probada específicamente aquí, los resultados son indicativos de una causalidad que va no sólo de objetivos estrictos que conducen a procesos de I+D, sino también de I+D de productos que inducen a metas. La presión ejercida por clientes e inversionistas también propicia la innovación de los procesos y —cuando se combinan— se correlacionan positivamente con la innovación de productos. El uso de las empresas del Aumento de Deducciones por Capital, que es un beneficio fiscal corporativo por adoptar bienes de capital, parece tener poco efecto sobre la innovación. Por último, el efecto de los UE ETS (que se puede pensar como una medida fiscal) tiene un efecto positivo sobre la innovación en general, pero no sobre la innovación relacionada específicamente con el cambio climático. Este resultado, de alguna manera contradictorio, puede deberse al impacto global de la variabilidad en el monto de los permisos, lo cual afecta las decisiones de una empresa sobre las inversiones en innovación.

Para más información sobre las respuestas de las empresas del Reino Unido a diversas medidas normativas y fuerzas del mercado, la versión completa del estudio de caso (OCDE, 2009) está disponible en [www.oilis.oecd.org/oilis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)34-final](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)34-final).

Referencias

- Martin, R. et al. (2009), "Climate Change Policies and Management Practices: Evidence from Interviews with Managers", Draft, Centre for Economic Performance, London School of Economics, UK.
- OECD (2009), *Survey of Firms' Responses to Public Incentives for Energy Innovation, including the UK Climate Change Levy and Climate Change Agreements*, OECD, Paris, available at [www.oilis.oecd.org/oilis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)34-final](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)34-final).

ANEXO H

La exacción sobre el cambio climático en el Reino Unido y los acuerdos sobre el cambio climático: un enfoque econométrico

Este estudio de caso examina el papel de la exacción sobre el cambio climático en el Reino Unido (y los acuerdos asociados con el cambio climático que se han negociado con la industria) en relación con la innovación. Las empresas con CCA que fueron subvencionadas con 80% de reducción en la tasa de CCL presentaron la tendencia a una necesidad más intensiva de energía y un consumo mayor de electricidad (que se gravó al máximo dentro del esquema de exacción) que las empresas similares que pagan la tasa completa. Las empresas que pagan la tasa completa no experimentaron, al parecer, efectos financieros o económicos adversos. Además, las empresas con CCA fueron significativamente menos propensas a la innovación que las empresas que pagaron la tasa completa, aun en áreas relacionadas con el cambio climático.

Fundamentación para el instrumento

Atender el cambio climático significa reducir los niveles de carbono (así como otros gases de invernadero) en la atmósfera. La ignición de combustibles fósiles (sea en la industria, el transporte o para la generación de electricidad) es la mayor causa de emisiones de gases de invernadero producidas por el ser humano. Los impuestos sobre los combustibles fósiles, como la exacción sobre el cambio climático (CCL), ofrecen incentivos para la eficiencia energética y para el desarrollo de fuentes de energía con menos emisiones de carbono.

Diseño del instrumento

El CCL se anunció por primera vez en marzo de 1999 y se puso en marcha en abril de 2001. El CCL es un impuesto a pagar por unidad en el momento del suministro de energía a los usuarios industriales y comerciales. Entre los productos gravados se incluye el carbón, el gas natural, la electricidad y el gas licuado de petróleo (GLP) que no es para transporte. El Cuadro H.1 muestra, para cada tipo de combustible sujeto a CCL, las tasas de impuesto por kilovatio-hora (kWh), el precio energético promedio pagado por las plantas manufactureras en 2001 y el impuesto implícito sobre el carbono. Es evidente que las tasas del impuesto energético varían sustancialmente entre los tipos de combustible, en un rango que va del 6.1% para el carbón, hasta el 16.5% para el gas natural. El impuesto, en consecuencia, establece un precio importante que sirve como incentivo para la conservación de la energía en general.

Como el CCL es un impuesto sobre la energía y no sobre el carbono, la variación del contenido de carbono entre diferentes combustibles significa que la tasa de impuesto implícita sobre el carbono también varía, como por ejemplo, el gas y la electricidad se gravan casi al doble de la tasa correspondiente al carbono contenido en el carbón. Esto se puede atribuir a presiones políticas originadas de vínculos históricos entre el gobierno y la industria del carbón. Algunos tipos de combustible están exentos de impuestos con base en su bajo contenido de carbono, notablemente la electricidad generada a partir de fuentes renovables y la generación combinada con base en el calor y la energía.

Cuadro H.1. Rates of the Climate Change Levy

Tipo de combustible	Tasa de impuesto ¹	Precio del combustible	Impuesto implícito sobre el carbono
	GBP por kWh		GBP por tonelada de carbono
Electricidad	0.0043	0.0425	31
Carbón	0.0015	0.0246	16
Gas	0.0015	0.0091	30
GLP	0.0007	0.0085	22

1. En el año fiscal 2010-2011, las tasas de impuesto se han incrementado a 0.0047 GBP por kWh para la electricidad, 0.00164 GBP por kWh para el gas natural, 0.00105 GBP por kilogramo para el GLP y 0.01281 por kilogramo para el carbón y otros combustibles sólidos.

Fuente: Martin et al. (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318547>

Las ganancias generadas con el CCL, en su mayor parte, se reciclan de vuelta a la industria en forma de una reducción de 0.3 de punto porcentual en las Contribuciones del Seguro Nacional del empleador. Una pequeña parte de las ganancias se utiliza para financiar la Fundación para el Carbono, una institución establecida por el gobierno para fomentar la investigación y el desarrollo de esquemas de eficiencia energética y fuentes renovables de energía.

Con el fin de atender las preocupaciones sobre los posibles efectos adversos del CCL en la competitividad y el desempeño económico de industrias con necesidades energéticas intensivas, el gobierno estableció un esquema de acuerdos negociados, los Acuerdos sobre el Cambio Climático (CCA). La participación en un CCA le da el derecho a los establecimientos en ciertos sectores con necesidades energéticas intensivas, de un descuento¹ de hasta 80% en sus responsabilidades tributarias, siempre y cuando adopten las metas obligatorias sobre su uso energético o sus emisiones de carbono. El proceso de participación incluyó dos etapas. Primero, la asociación de comercio de un sector con necesidades energéticas intensivas negocia un acuerdo general con el gobierno para determinar una meta para todo el sector en relación con el uso energético o las emisiones de carbono en 2010, así como las metas interinas para cada periodo objetivo de dos años. Las metas se definen en términos absolutos o relativos a la producción (frecuentemente como unidades físicas de ésta). En la segunda etapa, las empresas de los sectores autorizados solicitan un certificado de tasa reducida que les otorga el derecho al descuento de la exacción pagada, en un sitio de acreditación. Si la solicitud se aprueba, estas empresas ingresan en un acuerdo subyacente que define una unidad meta, por ejemplo, para el establecimiento o grupo de establecimientos que se beneficie con el descuento en los impuestos, se estipula una reducción específica por cumplir de acuerdo con una unidad meta.

Al final de cada periodo objetivo, las asociaciones informan si la meta de todo el sector se cumplió. Sólo cuando la meta de todo el sector no se alcanza, el gobierno verifica el cumplimiento a nivel unidad. Los establecimientos que no se encuentren en cumplimiento no serán “certificados nuevamente” para la tasa reducida del periodo objetivo siguiente. Si el establecimiento no cumple con la meta de 2010, corre el riesgo de pagar todos los descuentos de las exacciones que se hayan acumulado en periodos anteriores. Los participantes de CCA que se encontraban en riesgo de no cumplir sus metas, podían comprar permisos de emisión en el Esquema de Comercio de Emisiones del Reino Unido (UK ETS), un mercado para los permisos de carbono que fue lanzado en 2002 y el cual terminó en 2006.² En contraste, el exceso de reducciones de carbono o energía podían ser vendidas en el UK ETS o ser “reservadas” (acreditadas) para su uso en metas posteriores.

Si bien el CCL y el CCA comparten el objetivo común de mejorar la eficiencia del uso de energía en el sector de negocios, es importante notar que existen diferencias fundamentales entre estos instrumentos normativos:

- El CCL incrementó los precios de energía para los comercios convencionales en un 15% aproximadamente, en el 2001. Si la demanda de energía es vulnerable al precio, el incremento en el precio relativo de la energía debería conducir hacia las mejoras en la eficiencia energética. A menos que existiera un fuerte efecto rebote, o un incremento exógeno en la actividad económica, esto debería reducir el uso de energía en el sector de CCL. No obstante, en teoría, el impacto de la exacción en las emisiones de carbono es ambiguo porque incluso una reducción absoluta en el uso de energía podría presentarse con un giro hacia combustibles más intensivos en su contenido de carbono.
- El CCA, en contraste, combina una señal de precio mucho más diluida con una regulación de las cantidades, principalmente en forma de metas de eficiencia. Por lo tanto, el impacto de los CCA en el uso energético depende, de manera crucial, en que la meta por cumplir establezca restricciones obligatorias en las elecciones de producción de una planta. Si no es así, la planta tendrá un menor incentivo a conservar la energía que el que tendría bajo la tasa completa de exacción. Más aún, como la mayoría de las metas están especificadas en términos de unidades de energía, en lugar de emisiones de carbono, no existe una garantía de que hasta una meta exigente conduzca a reducciones en las emisiones de gases de invernadero (GHG).
- Existe la gran posibilidad de que las metas negociadas hayan sido laxas. La proporción de unidades meta que fueron recertificadas fue consistentemente alta e incrementó de 88% en el primer periodo a 98% y 99% en el segundo y tercer periodo objetivo, respectivamente. Como regla, los participantes en los CCA alcanzaron sus metas o compraron permisos en el mercado de comercio de carbono del Reino Unido para asegurar su cumplimiento a bajos costos. De hecho, un compromiso menor en el costo de cumplimiento es igual a cero. Esto es verdad para una cantidad importante de unidades meta que no cumplieron su objetivo pero fueron recertificadas debido a que el sector como conjunto logró cumplir.

Se integró un amplio grado de flexibilidad en las negociaciones de las metas, antes y después de la revisión del cumplimiento. Las unidades meta podían instar diversas herramientas de control de riesgos que hicieron más fácil el cumplimiento de sus objetivos. Por ejemplo, se pudieron hacer ajustes a las metas para reflejar una mezcla de producto más intensiva energéticamente, al declinar la producción o las restricciones relevantes suscitadas a partir de otros tipos de normatividad. En algunos sectores, el desempeño se midió contra un margen de tolerancia en lugar de objetivos fijos. Además, se le permitió a los sectores elegir su año de inicio. Más de dos tercios de todos los sectores eligieron años

de inicio de 1999 hacia atrás. Por lo tanto, los ahorros de carbono que sucedieron antes de que el paquete de políticas se implementara, podían tomarse en cuenta como logros de la meta. Finalmente, en algunas instancias, las compañías en crecimiento que pertenecían a un sector con una meta absoluta, negociaron exitosamente una meta relativa (y *viceversa*) ya que esto hacía más fácil el cumplimiento. En resumen, existe una amplia evidencia de que las metas negociadas posiblemente no establecieran restricciones obligatorias en el uso de energía para las compañías CCA.

Con el fin de explorar estos problemas, se creó un novedoso conjunto de datos al asociar dos conjuntos de datos confidenciales de negocios y extenderlo con datos disponibles públicamente respecto a la participación en el CCA. En particular:

- El Banco de Datos de Apelaciones Anuales (*Annual Respondents Database*, ARD) de la Oficina de Estadística Nacional (Office of National Statistics, ONS) contiene información sobre la producción e insumos factor, incluido el gasto energético de cerca de 10000 plantas manufactureras entre los años 1999 y 2004.
- La Investigación Trimestral de Combustibles (*The Quarterly Fuels Inquiry*, QFI), provista por la ONS, contiene datos de consumo (kWh, toneladas, etc.) para cerca de 1000 empresas entre 1997-2004.
- Los datos de participación en CCA para cerca de 5000 acuerdos está disponible en línea a través del Departamento de Medio Ambiente, Asuntos Alimentarios y Rurales, así como Ganancias y Aduanas de Su Majestad (Department of the Environment, Food and Rural Affairs, HM Revenue and Customs).
- La información sobre emisiones contaminantes (umbral y descargas reales de 50 contaminantes en el aire y agua) de establecimientos en el Reino Unido, se reporta en el Registro Europeo de Contaminantes y Emisiones (European Pollution and Emissions Register, EPER).

El Cuadro H.2 muestra las estadísticas descriptivas para todas las muestras en 2000, desglosadas de acuerdo con el estado de participación en CCA, así como los resultados de una prueba t de promedios de equidad del grupo. Las plantas CCA son, en promedio, más antiguas, más grandes y más intensivas energéticamente, además, para la mayoría de las características de estas plantas, la equidad se rechaza en un nivel de significancia de 1%. En vista de la fuerte correlación entre la participación en los CCA y las características observables de las plantas, no se puede descartar la posibilidad de que las características no observables de las plantas también determinen su selección. En el análisis que se muestra a continuación, se utiliza una estrategia de identificación que toma en cuenta adecuadamente la problemática en la selección de la muestra, con el fin de evitar una estimación inconsistente.

El análisis siguiente se centra en el sector manufacturero y los primeros dos periodos objetivo, que van de abril de 2001 a diciembre de 2004. Por un lado, esto está determinado por el tiempo de cobertura en el conjunto de datos. Por otro, evita posibles complicaciones originadas por: i) una superposición con los EU ETS que afecta a cerca de 500 plantas con CCA de 2005 en adelante; ii) ajustes en las metas de CCA del tercer periodo objetivo; y iii) nuevo ingreso de sectores en 2006 después de que la elegibilidad fue modificada.

Cuadro H.2. Estadísticas descriptivas de acuerdo con el estado de participación en los CCA

Variables	ARD			QFI			QFI y ARD		
	CCA = 0	CCA = 1	diferencia	CCA = 0	CCA = 1	diferencia	CCA = 0	CCA = 1	diferencia
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Edad	13.55	17.53	***	21.86	22.87	—	21.54	22.84	*
Empleo	151.49	536.44	***	372.05	548.98	***	373.14	548.98	***
Producción bruta	19.08	86.08	***	49.07	91.56	***	49.29	91.56	***
Gastos energéticos	0.22	1.95	***	0.59	3.79	***	0.59	3.79	***
Costos variables	15.99	75.14	***	42.19	78.46	***	42.39	78.46	***
Capital social	9.64	58.17	***	23.12	65.44	***	28.89	72.78	***
EE /costos variables	1.92	3.01	***	1.99	3.60	***	1.99	3.60	***
Electricidad	8 701.55	38 191.39	***	8 888.03	34 210.84	***	8 701.55	38 191.39	***
Gastos de electricidad	306.93	1 162.83	***	292.64	1 050.91	***	306.93	1 162.83	***
Gas	14 144.07	75 098.82	***	14 859.74	68 213.13	***	14 144.07	75 098.82	***
Participación de consumo									
gas/gas y electricidad	0.19	0.24	***	0.18	0.25	***	0.19	0.24	***
Combustibles sólidos	0.01	0.34	—	0.39	1.44	—	0.21	1.66	—
Gastos de combustibles sólidos	1.91	44.30	*	55.98	191.24	—	36.42	219.43	—
Combustibles líquidos	0.01	0.36	—	0.21	2.02	*	0.28	1.78	—
Gastos de combustibles líquidos	0.71	20.45	**	10.74	132.41	**	13.52	101.28	*
kWh totales	27 261.95	146 775.90	***	29 834.32	135 378.51	***	27 261.95	146 775.90	***
Gasto de kWh totales	23.23	390.91	***	446.06	1 784.71	***	443.30	1 936.10	***
kWh totales/producción bruta	0.01	0.03	***	0.01	0.03	***	0.01	0.03	***
CO ₂	10 673.51	54 239.67	***	11 454.80	50 219.85	***	10 673.51	54 239.67	***
CO ₂ /kWh totales	0.45	0.44	—	0.45	0.43	*	0.45	0.44	—
CO ₂ /producción bruta	326.82	750.21	***	326.82	750.21	***	326.82	750.21	***
Número de plantas	8 282	1 050		701	251		434	212	

Notas: La producción bruta y todas las variables de gasto están expresadas en miles de libras esterlinas. kWh totales, gas y electricidad se expresan en miles de kWh. Los combustibles sólidos y líquidos están expresados en miles de toneladas. Las variables de CO₂ miden las emisiones totales de CO₂ en miles de toneladas con base en el uso de combustible. Las columnas 3, 6, y 9 reportan los niveles de significancia a partir de una prueba t de diferencias en los promedios de grupo con una variación desigual.

* Significativo a 10%.

** Significativo a 5%.

*** Significativo a 1%.

Fuente: Martin et al. (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318566>

Impactos medioambientales del CCL y el CCA

El Cuadro H.3 resume los resultados finales de la regresión para diversas variables de escenarios medioambientales/energéticos (en filas) bajo diferentes suposiciones respecto a los términos de error (en columnas). La variable de interés explicativa es la participación de CCA después de 2000. Para atender la endogeneidad potencial de la participación de CCA respecto a las diversas variables de escenario, todas las regresiones se realizaron en términos de diferencias. Aunado a lo anterior, se usó una aproximación de variables instrumentales (IV). El instrumento es una variable indicativa equivalente a si una empresa reportara emisiones distintas a las emisiones relacionadas con combustión en el EPER. El fundamento legal para el EPER es la legislación Europea para la Prevención y Control de

Contaminación, que el gobierno del Reino Unido usó como criterio de elegibilidad para la participación en los CCA. Por lo tanto, a diferencia de la participación en CCA, la cual depende de decisiones endógenas de empresas en la muestra, el EPER está basado en factores exógenos a los conflictos específicos de una empresa posteriores al 2000.

La primera columna contiene los resultados de una estimación agrupada del análisis ordinario de cuadrados mínimos (OLS) sin los efectos fijos de la planta. En la columna 2, la variable de participación en CCA se reemplaza con la variable instrumental EPER para estimar una ecuación de forma reducida. La columna 3 reporta los resultados de una especificación agrupada, de dos etapas, de cuadrados mínimos. De la columna 4 a la 6 se repite esta secuencia y además se incluyen los efectos específicos fijados de la planta (FE). En consecuencia, la columna 6 reporta la estimación más general del efecto promedio de un acuerdo en la planta que tiene el mismo, utilizando una especificación instrumental variable (IV).

Energía: Los dos primeros paneles reportaron los resultados de la intensidad energética medida como gastos de energía sobre la producción bruta y como participación de gastos de energía en costos variables (la suma de los gastos en materiales, energía y salarios), respectivamente. Los resultados son muy similares para las dos variables. Las plantas en un CCA aumentaron su intensidad energética en más del 20% en relación con las plantas que pagaron la totalidad de la exacción a partir de 2000. Este efecto es tanto económica como estadísticamente significativo. Las estimaciones puntuales cambian muy poco cuando se trasladan a las regresiones con efectos fijos en las columnas 4 a 6. Esto sugiere que normalizar el uso de energía con alguna medida de tamaño de la planta, ayuda mucho a controlar la heterogeneidad no observada entre las plantas. Además, la importancia de controlar la selección es evidente a partir de las diferencias considerables entre el OLS y las estimaciones IV.

El panel 3 reporta los resultados para los gastos de energía. Un efecto estadísticamente significativo y positivo se encuentra sólo con efectos fijos, lo que podría indicar una tendencia descendente en el consumo de energía en industrias que se correlacionan tanto con la participación en CCA como con la cobertura EPER. Por ejemplo, partes de la industria del acero experimentaron un descenso seminal que coincidió con la introducción del paquete de CCL, sin embargo, no afectó a todos los niveles de calidad por igual en la producción de acero. Naturalmente, este problema desaparece cuando se divide mediante un control de tamaño (como en los paneles 1 y 2) o cuando se controla para los efectos fijos específicos de las plantas (como en las columnas 4 a 6). La estimación puntual en la regresión IV (columna 6) implica que la participación en un CCA hizo que las plantas aumentaran sus gastos de energía en más de un 15%, en relación con las plantas que estaban sujetas al impuesto completo.

Sustitución de combustible: Los resultados anteriores dejan abierta la pregunta de si las plantas con CCL redujeron sus gastos de energía de un modo que podría considerarse exitoso para las políticas de cambio climático. A priori, esto no está claro, porque esta medida de uso de energía concentra los cambios en el precio y la cantidad de energía, así como los efectos de sustitución entre diferentes tipos de combustible. Por ejemplo, en lugar de consumir menos de todos los tipos de combustible, las plantas CCL podrían sustituir con combustibles más baratos, los cuales pueden ser más contaminantes, por ejemplo, carbón. Para investigar esto, los siete paneles siguientes en el Cuadro H.3 muestran los resultados de las regresiones que utilizan cambios de cantidad en el consumo de energía por tipo de combustible, los cuales están disponibles en la muestra QFI. Aunque este ejemplo es más pequeño que la muestra ARD, existe evidencia económicamente y estadísticamente signi-

Cuadro H.3. Participación en los CCA y el desempeño ambiental

Variable dependiente	Variable explicativa	OLS	Forma reducida (OLS)	IV	Efectos fijos	Forma reducida (FE)	Efectos fijos IV	Observaciones / plantas
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Gastos de energía sobre producción bruta $\Delta \ln(\text{GE}/\text{PB})$	CCA/EPER	0.026** (0.013)	0.086*** (0.028)	0.220*** (0.072)	0.025 (0.019)	0.111*** (0.040)	0.231*** (0.084)	14 336 4 209
Gastos de energía sobre costos variables $\Delta \ln(\text{GE}/\text{VCosto})$	CCA/EPER	0.026** (0.012)	0.104*** (0.026)	0.266*** (0.069)	0.015 (0.018)	0.137*** (0.037)	0.285*** (0.080)	14 336 4 209
Gastos de energía $\Delta \ln(\text{GE})$	CCA/EPER	0.019 (0.012)	0.033 (0.024)	0.085 (0.061)	0.036** (0.017)	0.075** (0.029)	0.156** (0.061)	14 336 4 209
kWh totales $\Delta \ln(\text{kWh})$	CCA/EPER	0.068** (0.027)	-0.000 (0.049)	-0.001 (0.115)	0.079** (0.035)	-0.004 (0.068)	-0.007 (0.135)	4 452 928
Electricidad $\Delta \ln(\text{El})$	CCA/EPER	0.026 (0.021)	0.085* (0.046)	0.206* (0.118)	0.028 (0.024)	0.128** (0.058)	0.258** (0.127)	4 452 926
Gas $\Delta \ln(\text{Gas})$	CCA/EPER	0.016 (0.037)	0.014 (0.052)	0.036 (0.127)	0.012 (0.047)	-0.035 (0.080)	-0.066 (0.151)	3 602 764
Participación de gas sobre gas y consumo de electricidad $\Delta(\text{Gas}/(\text{Gas} + \text{El}))$	CCA/EPER	0.018** (0.008)	-0.044 (0.031)	-0.107 (0.078)	0.022** (0.009)	-0.048 (0.039)	-0.097 (0.084)	4 435 926
Participación de gas sobre kWh $\Delta(\text{Gas}/\text{kWh})$	CCA/EPER	0.013 (0.011)	-0.007 (0.023)	-0.018 (0.055)	0.018 (0.015)	-0.010 (0.032)	-0.021 (0.065)	4 449 928
Combustibles sólidos $\Delta \ln(\text{SO})$	CCA/EPER	-0.155 (0.101)	-0.226 (0.224)	-0.649 (0.597)	-0.091 (0.115)	-0.290 (0.266)	-0.542 (0.486)	1 467 344
Combustibles sólidos sobre kWh $\Delta(\text{SO}/\text{kWh})$	CCA/EPER	0.003 (0.004)	-0.016 (0.011)	-0.039 (0.025)	0.005 (0.006)	-0.022 (0.015)	-0.044 (0.030)	4 452 928
CO₂ $\Delta \ln(\text{CO}_2)$	CCA/EPER	0.050** (0.021)	0.018 (0.040)	0.044 (0.094)	0.053** (0.026)	0.024 (0.051)	0.048 (0.101)	4 452 928
Empleo $\Delta \ln(\text{L})$	CCA/EPER	-0.014 (0.011)	-0.039* (0.021)	-0.101* (0.054)	0.021 (0.014)	-0.019 (0.036)	-0.041 (0.075)	14 336 4 209
Producción bruta real $\Delta \ln(\text{PB Real})$	CCA/EPER	-0.008 (0.011)	-0.053** (0.022)	-0.136** (0.057)	0.011 (0.014)	-0.036 (0.035)	-0.076 (0.072)	14 336 4 209
Productividad total de los factores $\Delta \ln(\text{Producción bruta})$	CCA/EPER	-0.002 (0.006)	0.000 (0.015)	0.001 (0.038)	-0.007 (0.009)	0.009 (0.026)	0.018 (0.054)	14 288 4 194
	$\Delta \ln(\text{M})$	0.477*** (0.013)	0.477*** (0.013)	0.477*** (0.013)	0.468*** (0.017)	0.469*** (0.017)	0.468*** (0.017)	
	$\Delta \ln(\text{EE})$	0.034*** (0.006)	0.034*** (0.006)	0.034*** (0.006)	0.036*** (0.008)	0.036*** (0.008)	0.036*** (0.007)	
	$\Delta \ln(\text{L})$	0.257*** (0.013)	0.257*** (0.013)	0.257*** (0.013)	0.237*** (0.018)	0.237*** (0.018)	0.237*** (0.018)	
	$\Delta \ln(\text{K})$	0.049*** (0.016)	0.049*** (0.016)	0.049*** (0.016)	0.069*** (0.020)	0.068*** (0.020)	0.068*** (0.020)	

Notas: Las variables dependientes son diferenciadas primero de 1997 a 2000 y diferenciadas en varios intervalos en adelante. La columna 1 muestra el coeficiente de OLS, la columna 2 muestra el coeficiente de OLS de la variable instrumental en la forma reducida, y la columna 3 muestra el estimado de dos etapas de los mínimos cuadrados. Las columnas 4 a 6 tienen la misma conGráficación e incluyen un efecto fijo de la empresa. La columna 7 reporta el número de observaciones. Todas las regresiones incluyen edad, edad al cuadrado, simulaciones de año y simulaciones de región por año. De la columna 1 a la 3, se incluye también la región y las simulaciones de tres dígitos para la industria.

* Significativo a 10%.

** Significativo a 5%.

*** Significativo a 1%.

Fuente: Martin et al. (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318585>

ficativa de que la membresía de CCA hizo que las plantas incrementaran relativamente su uso eléctrico alrededor de 26%. Esto concuerda con el diseño del CCL, que impone la mayor tasa de impuesto sobre la electricidad. Tanto para el gas como para los combustibles

sólidos (por ejemplo, el carbón), se obtienen las estimaciones puntuales negativas sobre el coeficiente de CCA. También hay estimaciones puntuales negativas cuando se observa la participación de estos combustibles en el total de kWh consumidos. Si bien estos coeficientes no son diferentes de cero en un sentido estadístico, apuntan a la posibilidad de que algunas plantas con CCL cambiaron de la electricidad al gas y al carbón, combustibles de menor gravado. Esto también explicaría por qué el efecto general sobre los kWh totales, no es significativo en las regresiones IV. Si las plantas cambian de electricidad a gas o carbón, es probable que necesiten más kWh de energía primaria para lograr un servicio energético dado. Esto podría suponer, por lo menos, un contrapeso parcial de una reducción inducida fiscalmente en la demanda de esos servicios.

Emissiones de carbono: Un aumento significativo en el consumo de electricidad por las plantas con CCA debería traducirse en un aumento en las emisiones de carbono, dado que no se encontró una disminución significativa en el consumo de otros tipos de combustible. A continuación, la atención se centra en si este efecto se produce cuando la medida de resultado es la suma total de las emisiones de CO₂ para los tipos de combustible. El panel once del Cuadro H.3 informa que la membresía a los CCA se asocia con un aumento de 5% en el total de emisiones de CO₂. La estimación puntual es muy robusta en todas las especificaciones, sin embargo, pierde significación estadística en las regresiones IV. Parece probable que esto se deba al ruido en la respuesta estimada por otros combustibles diferentes a la electricidad. En ausencia de una muestra más grande que permita la estimación de este efecto con más precisión, hay dos posibles interpretaciones. Por un lado, los coeficientes que son estadísticamente significativos a niveles normales podrían ser descartados por completo, así como la conclusión de que el aumento sin control en el consumo de electricidad se traduce en un aumento de las emisiones de CO₂ de igual magnitud. Por otro lado, una interpretación más cuidadosa de los resultados pondría el impacto de la participación de CCA sobre las emisiones de dióxido de carbono en 5%, lo que representa la posibilidad de que algunas plantas con CCL cambiaron a combustibles más contaminantes como el carbón. Por lo tanto, la tasa completa de CCL —aunque no fue diseñada como un impuesto estrictamente sobre el carbono— llevó a las plantas a reducir el incremento de emisiones de CO₂ entre 5% y 26% más, que los objetivos de CCA en combinación con el descuento sobre la exacción.

Desempeño económico: Por último, se investiga si los impactos sobre el consumo de energía y la eficiencia energética corresponden a los movimientos en la isocuanta de producción, o se derivan de cambios significativos en la escala en que operan las plantas. Los tres paneles en la parte inferior del Cuadro H.3 muestran las diferentes variables de desempeño de la planta, tales como producción, empleo y el factor de productividad total (TFP). Al estimar la regresión de diferenciación sin efectos fijos, se obtienen los coeficientes significativamente negativos para el empleo y la producción. Sin embargo, estos efectos desaparecen cuando se hace un control para las tendencias específicas de la planta en las columnas 4 a 6. Hay dos aspectos que se deben notar. En primer lugar, una preocupación fundamental de las políticas en su aplicación unilateral a los impuestos sobre la energía, es que se pueda poner en peligro la competitividad de la industria nacional. Si este fuera el caso, se deberían observar los efectos positivos en el empleo o la productividad con la participación en los CCA, ya que las plantas que pagan CCL reducirían su producción y el empleo. Encontrar el efecto contrario, debería disipar esas preocupaciones. En segundo lugar, el hecho de que los efectos negativos de los coeficientes pierdan importancia una vez que se incluyen los efectos fijos de las plantas, sugiere que éstos están determinados por las tendencias pre-existentes, sin relación con la intervención de las políticas. Similar a lo ocurrido en la industria del acero, esto podría deberse a plantas de industrias que estaban cubiertas tanto

por los CCA, como por regulaciones PPC que ya presentaban una tendencia a la baja, incluso antes de la llegada del paquete de políticas CCL. El último panel sugiere que la participación en los CCA no tuvo ningún efecto apreciable en el factor de productividad total. En síntesis, no hay evidencia de que la exacción CCL haya tenido efectos adversos en las variables de resultados económicos.

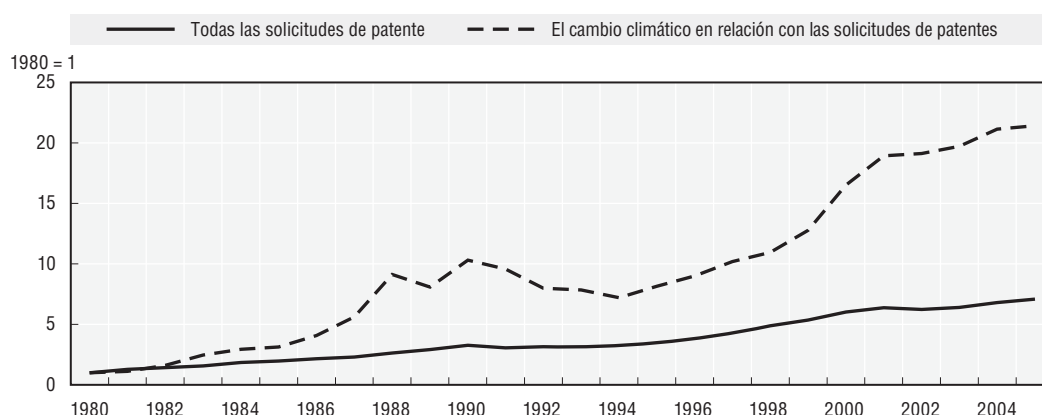
Impactos de la CCL y los CCA en la innovación

La evaluación de los impactos de CCL y CCA en la innovación, puede lograrse mejor con las patentes. Por lo anterior, se utilizó la combinación de una lista de clasificaciones de patentes relacionadas con la eficiencia energética, así como búsquedas de palabras clave dentro de los resúmenes de las patentes.

La razón principal para explorar las búsquedas abstractas, además de las clases de eficiencia energética de las patentes, es que la mitigación del cambio climático no sólo se trata de eficiencia energética. Dado que muchas actividades económicas y no económicas contribuyen directa o indirectamente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GHG), es posible que la innovación en una amplia gama de áreas —no necesariamente las clasificadas como “ahorro energético”— pueda tener un impacto sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (GHG). En consecuencia, las políticas sobre el cambio climático podrían inducir a la innovación en una amplia gama de áreas con un potencial para mayores reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GHG).

Al utilizar ambos métodos, más de 45 000 patentes relacionadas con el cambio climático (CCR) en la *Base de Datos EPO* fueron identificadas. La mayoría de éstas (alrededor de 77%) fueron identificadas a través del sistema de clasificación de patentes. Un número considerable (23%) fueron identificadas a través de búsquedas abstractas. Es interesante y bastante sorprendentemente, que la superposición entre ambos tipos fue inferior al 1%. La Gráfica H.1 examina la evolución de las patentes totales y las patentes de CCR en el tiempo. Ésta muestra los índices de nuevas solicitudes de patentes para cada año, con un año base de 1980. Tanto el número de patentes en general y las patentes CCR se han incrementado dramáticamente desde entonces. El aumento en las patentes CCR fue más pronunciado y también más volátil.

Gráfica H.1 Índice de patentes en el Reino Unido



Fuente: Martin and Wagner (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317882>

El enfoque econométrico intenta estimar el impacto de la participación en los CCA en las actividades de patente de las empresas. Debido a la naturaleza discreta de los recuentos de patentes, es muy importante usar los modelos econométricos apropiados. Con frecuencia se utilizan dos modelos diferentes en el análisis econométrico de los datos discretos. El primer modelo lleva a cabo una regresión lógica condicional en el evento binario de una empresa i que solicite al menos una patente en el año t . Por tanto:

$$\Pr(\{Patents_{it} > 0\}) = f(\beta_D D_{it} + x_{it}' \beta_x + \alpha_i) \quad (4)$$

donde D_{it} es el indicador del acuerdo, x_{it} es un vector de variables de control que incluye simulaciones de año, α_i es un efecto fijo de una empresa y f se deriva de la distribución de valor extremo.

El problema con los resultados binarios, es que sólo proporcionan una imagen incompleta de la intensidad de la actividad innovadora. Por lo tanto, se utiliza también un modelo de conteo de datos de Poisson, el cual postula que el proceso de innovación sigue un proceso estocástico tal que el número esperado de patentes de la empresa i en el año t está dado por:

$$E(Patents_{it}) = e^{\alpha_i} e^{\beta_D D_{it} + x_{it}' \beta_x} \quad (5)$$

Las variables CCA y EPER descritas anteriormente se utilizan como indicador de un acuerdo, D_{it} . Como se discutió anteriormente, la participación en los CCA estuvo supeditada a la cobertura de la legislación de Prevención y Control de Contaminación. Es decir, sólo las empresas que estaban liberando sustancias contaminantes al aire, suelo o agua, podían solicitar un CCA. Para medir la cobertura de la legislación de Prevención y Control de Contaminación (PPC) en la práctica, los datos a nivel de empresa se combinaron con la información del EPER.

El Cuadro H.4 presenta los principales resultados de la regresión. Las columnas 1 y 2 contienen estimaciones del coeficiente a partir de un logit simple y modelos de Poisson, respectivamente, sin controles de heterogeneidad no observada específica para las empresas en la propensión a solicitar la protección de las patentes de nuevas invenciones. Para controlar esto, las columnas 3 y 4 muestran los resultados de un modelo logit condicional y de una estimación condicional de máxima probabilidad (CMLE) de Poisson, respectivamente.

El primer panel se refiere a todas las patentes. Sin el control de heterogeneidad a nivel de empresa, las empresas con acuerdos patentan mucho más. Este resultado aparece independientemente de si el estado de CCA o EPER se utiliza como la variable de acuerdo. La columna 1 muestra los efectos marginales en lugar de los coeficientes de la regresión de elección binaria. Estos efectos corresponden al efecto marginal de los acuerdos en la propensión a patentar. Por ejemplo, los resultados indican que las empresas con acuerdos son de 5.5 a 6.9 puntos porcentuales más propensas a solicitar una patente, en comparación con otras empresas (dependiendo de si se utiliza CCA o EPER como variable de acuerdo). Del mismo modo, la regresión de Poisson indica que la participación en los CCA tiene un efecto positivo y significativo en el número previsto de solicitudes de patente.

Sin embargo, este resultado no es sólido. Cuando se controla la heterogeneidad no observada, se encuentra que, por el contrario, la propensión de las empresas CCA para patentar innovación es hasta 16 puntos porcentuales más baja que la de empresas no-CCA, a partir de 2001 (columna 3). La regresión de Poisson en la columna 4 confirma que el número de patentes presentadas por empresas CCA se redujo en relación con el de las empresas

Cuadro H.4. Participación en los CCA y el desempeño en la innovación

Tipo de patente	Modelo		Logit	Poisson	Clogit	FE poisson	Observaciones/ empresas
	Variable de políticas		I(Patente)	Conteo de patente	I(Patente)	Conteo de patente	
			(1)	(2)	(3)	(4)	
Todas las patentes	CCA		0.069*** (0.017)	1.382*** (0.295)	-0.109*** (0.035)	-0.510** (0.243)	134 320 8 395
	EPER		0.055*** (0.021)	1.326*** (0.376)	-0.161*** (0.048)	-0.585*** (0.186)	
Patentes CCR (todas)	CCA		0.024 (0.024)	0.506** (0.228)	-0.135 (0.087)	-0.531 (0.388)	8 832 552
	EPER		0.033 (0.029)	0.474 (0.317)	-0.140* (0.082)	-0.432 (0.359)	
Patentes CCR (Popp)	CCA		0.021 (0.024)	0.491* (0.269)	-0.138 (0.088)	-0.513 (0.371)	8 576 536
	EPER		0.026 (0.029)	0.436 (0.304)	-0.172** (0.076)	-0.528** (0.221)	
Patentes No-Popp	CCA		0.070*** (0.017)	1.375*** (0.236)	-0.106*** (0.035)	-0.510** (0.220)	134 224 8 389
	EPER		0.056*** (0.022)	1.328*** (0.375)	-0.167*** (0.048)	-0.586** (0.277)	

* Significativo a 10%.

** Significativo a 5%.

*** Significativo a 1%.

Fuente: Martin and agner 2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318604>

no-CCA después de la introducción del paquete de CCL en el año 2001. Como fue el caso con los resultados en las columnas 1 y 2, las diferencias entre los resultados obtenidos con CCA y EPER son pequeñas y están muy dentro del margen de error. Esto demuestra que existen importantes diferencias no observadas entre las empresas con y sin acuerdos, las cuales deben ser controladas con el fin de evaluar el efecto de la participación en los CCA.

En los paneles posteriores, se presentan los resultados del mismo conjunto de especificaciones usando diferentes variables dependientes. En el panel dos, se utilizan todas las patentes CCR identificadas al usar la combinación de búsquedas abstractas y clasificaciones de patentes descritas anteriormente. En los resultados del panel tres, sólo se utilizan las clases de patentes sugeridas por Popp (2002, 2006). Al igual que en las regresiones con todas las patentes, hay evidencia de una disminución relativa en las patentes de las empresas con CCA a partir de 2001.

Finalmente, en el último panel se presentan las patentes no CCR (todas las patentes menos las identificadas usando la asignación de Popp de clases de patentes). Quizás era de esperarse que el patrón que surge de este ejercicio sea muy similar para todas las patentes, pues las patentes no CCR dominan la muestra.

En general, las empresas con CCA enfrentan una regulación menos estricta y en consecuencia tienen menos incentivos para responder a la regulación con innovaciones. Esto podría, en principio, generar el coeficiente negativo sobre las patentes que se encuentran en las columnas 3 y 4. Sin embargo, cualquier respuesta de innovación se concentraría en las áreas relacionadas con el cambio climático, por lo que los efectos negativos sólo deberían presentarse en los paneles 1 a 3, y no en el panel 4. Hay dos posibles explicaciones para los resultados en el panel 4. En primer lugar, el CCL tuvo un impacto real en la innovación para

todos los resultados. Una explicación de por qué podría ocurrir esto es la siguiente: Supongamos que hay una tecnología conocida que permite a la empresa obtener una producción determinada, utilizando menos energía, pero aumentando su mano de obra. Para una empresa que cambia a esta tecnología como respuesta al CCL, el efecto eventual del CCL es aumentar los incentivos de investigación y desarrollo para ahorrar en mano de obra, en lugar de investigación y desarrollo para el ahorro de energía. En segundo lugar, podría ser el caso de que la medida de las patentes relacionadas con el cambio climático esté incompleta o sujeta a error de medición. Por ejemplo, existe la preocupación de que los sistemas de clasificación de patentes en la UE y los Estados Unidos sean demasiado diferentes, por lo que el uso de un cuadro de concordancia, como se hizo anteriormente, conduce a errores de clasificación.

Se realizó un análisis adicional, al observar los efectos de tiempo utilizando simulaciones de año. Parece que el impacto surge principalmente a partir de 2002, lo que concuerda con la existencia de un retraso temporal entre la introducción de una política (en 2001) y su impacto sobre las patentes.

Conclusiones

Los resultados de este estudio de caso apoyan fuertemente la introducción de impuestos moderados sobre la energía para fomentar la conservación de electricidad, mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El uso de acuerdos negociados, que ofrecen descuentos en los impuestos sobre energía para algunas empresas e industrias, podría no conseguir los objetivos de emisión que son estrictos. Una justificación detrás del descuento de impuestos CCA es que la aplicación unilateral de una importante política de cambio climático podría poner en peligro el desempeño económico de empresas de alto consumo energético en el Reino Unido. Después de haber investigado esto empíricamente, no se encontró una pérdida apreciable de puestos de trabajo ni una disminución de la producción o la productividad de una planta promedio que pague la tarifa completa. Al tomar lo anterior en cuenta, el descuento otorgado a las plantas en un CCA no puede justificarse como un medio para evitar los supuestos impactos negativos en el desempeño económico derivados del CCL. Así, se podrían haber logrado mayores reducciones de magnitud considerable en el uso de energía sin efectos negativos en el desempeño económico, si se hubiera puesto en práctica la CCL completa para todas las empresas.

Dado que el cambio climático es un problema de largo plazo, a menudo se hace hincapié en que las políticas de cambio climático deben estimular un cambio tecnológico que permita nuevas reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero en el futuro. La evidencia de una investigación empírica de los efectos de la participación en los CCA en el recuento de las patentes a nivel de empresa, sugiere claramente que un impuesto moderado de energía en el sector empresarial conduce a un aumento de la actividad innovadora en general. En particular, se encontró que una empresa sujeta a la CCL completa, es hasta 16 puntos porcentuales más propensa a patentar, que una empresa similar sujeta a una tasa reducida a través de un CCA. Los resultados también indican que es muy posible que esta diferencia de patentes esté impulsada por patentes de equipos de eficiencia energética, pero también de cosas no relacionadas con el cambio climático. Basándose en estos resultados, parece que se habría logrado mayor innovación si la CCL se hubiera implementado con la tasa completa para todas las empresas, en lugar de la reducción del 80% durante el período de estudio.

Para más información acerca de la exacción sobre cambio climático en el Reino Unido, la versión completa del estudio de caso (OCDE 2009) está disponible en [www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpacfa\(2008\)33-final](http://www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpacfa(2008)33-final).

Notas

1. El descuento de los CCA está programado para ser reducido a un 65%, en comparación con el actual 80%, a partir del 1 abril de 2011.
2. El mercado de UK ETS se ha descontinuado: no hay comercio de los mismos y los permisos ya no tienen ningún valor.

Referencias

- Martin, R., L.B. de Preux and U.J. Wagner (2009), "The Impacts of the Climate Change Levy on Business: Evidence from Microdata", *Centre for Economic Performance Discussion Paper*, No. 917, London School of Economics, UK.
- Martin, R. and U.J. Wagner (2009), "Climate Change Policy and Innovation: Evidence from Firm Level Patent Data", Mimeograph, Centre for Economic Performance, London School of Economics, UK.
- OECD (2009), *Econometric Analysis of the Impacts of the UK Climate Change Levy and Climate Change Agreements on Firms' Fuel Use and Innovation Activity*, OECD, Paris, available at [www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2008\)33-final](http://www.oilis.oecd.org/olis/2008doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2008)33-final).
- Popp, D. (2002), "Induced Innovation and Energy Prices", *American Economic Review*, Vol. 92(1), pp. 160-180.
- Popp, D. (2006), "International Innovation and Diffusion of Air Pollution Control Technologies: The Effects of NO_x and SO₂ Regulation in the US, Japan, and Germany", *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 51, pp. 46-71.

ANEXO I

Los impuestos sobre las emisiones de SO_x en Japón

Este estudio de caso examina el impuesto japonés sobre las emisiones de SO_x que se implementó en la década de 1970 para financiar las indemnizaciones a las víctimas de la contaminación atmosférica. La tasa de impuestos se elevó muy rápidamente después de su introducción y alcanzó un punto máximo en 1987, cuando se reformó el sistema. Debido a los impuestos, las empresas se comprometieron a una reducción significativa y han adoptado tecnologías existentes de reducción. Sin embargo, el diseño del impuesto provocó imprevisibilidad en la tasa del mismo y una falta de credibilidad del sistema en general, lo cual marcó el comienzo de un período de disminución de patentes en tecnologías relacionadas, a pesar del incremento en las tasas de impuestos.

Fundamentación para el instrumento

Desde el final de la Segunda Guerra Mundial y durante las décadas de 1960 y 1970, la rápida industrialización de la economía japonesa trajo importantes beneficios económicos, concomitantes con el aumento de la contaminación. Uno de los contaminantes atmosféricos más importantes era el SO_x. Aunque el gobierno había adoptado muchos mecanismos normativos durante este período para hacer frente a las emisiones de SO_x, los ciudadanos desarrollaron problemas respiratorios como el asma, y se discutió el vínculo entre las enfermedades y la contaminación.

Al mismo tiempo, las víctimas de la contaminación atmosférica estaban usando los tribunales para reclamar daños y perjuicios a los principales emisores, lo que les hizo ganar algunas victorias inicialmente. Debido a que en las primeras victorias se reconoció una responsabilidad conjunta, se abrió la posibilidad de que sólo fueran demandadas las grandes empresas con el dinero suficiente para pagar los daños. En respuesta, Keidanren, una organización que agrupa a las asociaciones industriales, introdujo un sistema de compensación administrativa que contemplaba tanto un efecto disuasivo a la demanda, como un seguro que extendía la responsabilidad de manera amplia y con mayor precisión. Las víctimas también buscaron un sistema de compensación administrativa que les compensara más rápidamente y con menos costos que una demanda. Por lo tanto, un impuesto sobre las emisiones de SO_x destinado a compensar a las víctimas fue aceptado por todas las partes interesadas y se aprobó en 1973.

Diseño del instrumento

La *Ley de Compensación por Daños a la Salud Relacionados con la Contaminación* (“Ley de Compensación” o CL) fue aprobada en 1973 y se puso en vigor el año siguiente. El gobierno nacional especifica los daños a la salud debido a la contaminación del aire como una enfermedad determinada y define como “áreas designadas” a aquellas donde la incidencia de dicha enfermedad es más alta. Las personas que viven, trabajan o van a la escuela en un área designada y que sospechan que padecen una enfermedad determinada, pueden solicitar a su gobierno local para ser certificados como pacientes de una y se someten a un examen médico. Otras causas potenciales, tales como el tabaco, no se consideran; se aplica una causalidad epidemiológica. Una víctima certificada recibe, en proporción a la gravedad de los daños, gastos médicos, gastos de compensación por daños (para manutención), gastos de tratamiento (para el transporte al hospital, etc.) y así sucesivamente. En los casos más graves, se pagan gastos de indemnización por daños equivalentes al 80% del salario promedio.

El origen del 80% de los fondos de compensación es la exacción CL pagada, en proporción al volumen de emisiones de las empresas en todo Japón con instalaciones que producen hollín y humo con SO_x . Las empresas que pagan la exacción son aquellas con emisiones máximas de gases de 5,000 Nm^3 por hora o más, provenientes de un lugar de trabajo determinado en un área designada o 10,000 Nm^3 por hora o más en otras áreas. El 20% restante proviene de una parte del impuesto al peso del automóvil, el cual se paga por los propietarios de los autos y se percibe en función del tipo y el peso del vehículo. Debido a que el impuesto se aplica según el peso del automóvil, su efecto en la reducción de emisiones contaminantes e inducción al desarrollo tecnológico, es sólo indirecta.

Cuatro enfermedades fueron reconocidas como enfermedades designadas cuando el sistema entró en vigor y para 1978, 41 áreas habían sido reconocidas como áreas designadas. Durante los tres primeros años del sistema, 50,000 pacientes fueron certificados; en 1987, cuando se revisó la ley para poner un alto a nuevas designaciones, más de 100,000 pacientes habían sido certificados, y los pagos totales anuales de compensación superaron los 100 mil millones de JPY, es decir, alrededor de 750 millones de USD. Alrededor de 9,000 plantas y otros lugares de trabajo pagaban la exacción de CL, de un total de aproximadamente 60,000 instalaciones en 1980.

Para determinar la tasa, el gobierno, en el año fiscal ($t - 1$), estimó el monto de la indemnización por pagar en el año fiscal t . La tasa de exacción promedio de los nueve bloques regionales con áreas designadas, está dispuesta para ser nueve veces mayor que la de otras áreas, y entre los nueve bloques de las áreas designadas, la tasa de exacción se fijó de manera que cuanto mayor sea la cantidad de compensación por el volumen de emisiones de SO_x en un área determinada, mayor será la tasa.

La primera característica es que la exacción de CL está diseñada para asegurar una fuente de financiamiento para la compensación, al decidir primero el monto total de ingresos y luego la tasa de exacción. Por esta razón, los emisores de SO_x no conocen la tasa de exacción cuando se producen las emisiones. En segundo lugar, los emisores actuales de SO_x tienen en una carga excesiva debido a que la exacción se aplica sólo para el SO_x emitido actualmente y no para las partículas de NO_x y otros contaminantes del aire, del pasado o presente, que también tienen un impacto en la salud respiratoria.

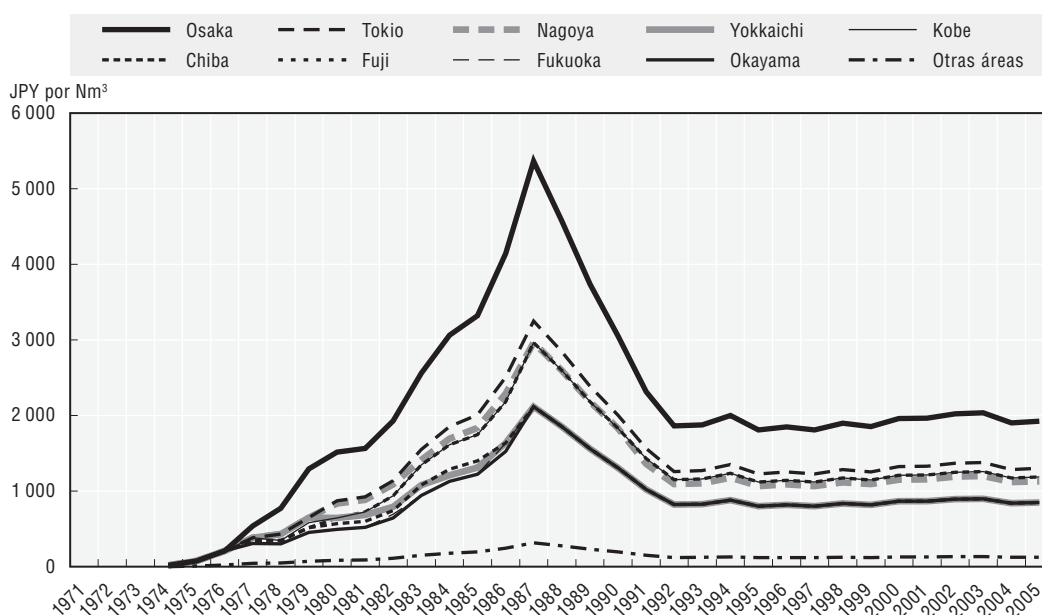
Esto produce una falta de equidad a la luz del principio “el que contamina paga”, y al mismo tiempo, esto significa que no importa cuánto SO_x se reduzca, no sólo en otras áreas, sino en las áreas designadas, los pagos de compensación no disminuirán y en consecuen-

cia, las tasas de gravamen se disparan. Sin embargo, si se asigna parte de la responsabilidad a los emisores de SO_x en otras áreas que no están relacionadas con los daños a la salud de las áreas designadas y el gravamen se distribuye ampliamente y con mayor precisión, se lograría el propósito del sistema.

Dado que los pacientes deben solicitar la certificación, el número de pacientes aprobados aumenta a medida que el sistema es más conocido y esto contribuye a un incremento continuo en el monto de las compensaciones. Otro factor importante en el aumento de los pagos de compensación fue el hecho de que los gastos de indemnización por daños y compensaciones para los supervivientes, están ligados a los salarios promedio.

Como resultado, a pesar de la reducción de volumen en las emisiones de SO_x , la cantidad de pagos de compensación continuó creciendo y la tasa de exacción se disparó, incrementándose para el año fiscal 1987, de 134 a 339 veces la cantidad correspondiente para el año fiscal 1974, como se muestra en la Gráfica I.1. El crecimiento del deflactor del PIB durante este período fue de 1.6 veces. En el bloque de Osaka, que tiene las tasas más altas, una compañía que consumía aceite combustible pesado C con 3% de azufre, pagó una exacción equivalente a casi siete veces el precio del combustible. Incluso en el área con las tasas más bajas, se pagó una exacción equivalente a aproximadamente el 40% del precio del combustible.

Gráfica I.1. Tasas de impuestos para las emisiones actuales de SO_x



Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317901>

A partir de 1987, se introdujeron importantes reformas como respuesta. Se eliminaron las designaciones regionales relacionadas con la contaminación atmosférica y en consecuencia, no se certificó a nuevos pacientes. Este movimiento se hizo en respuesta al hecho de que los emisores de SO_x no podían soportar la carga de los pagos de compensación, que iban en aumento a pesar de la disminución significativa de las emisiones de SO_x .

A pesar de que la designación de áreas se detuvo y de que el reconocimiento de nuevos pacientes certificados cesó, el Sistema de Compensación continuó su existencia de forma diferente. La compensación a los pacientes certificados ya existentes siguió como antes, y la carga financiera continuó repartida entre fuentes fijas y fuentes móviles. Sin embargo, se llevó a cabo un nuevo impuesto sobre las emisiones pasadas de SO_x provenientes de fuentes fijas. En concreto, la tasa de exacción sobre emisiones actuales y pasadas, se determinó ahora de modo que los ingresos sobre emisiones durante los cinco años anteriores a la decisión de suspender la designación de áreas (es decir, de 1982 a 1986) sumaría el 60%, con el otro 40% compuesto por los ingresos recaudados en las emisiones anuales. Las medidas provisionales suavizaron la transición. Debido a que el motivo original para detener la designación de áreas fue la reducción de la contaminación atmosférica causante de las enfermedades designadas, es contradictorio tener un impuesto sobre las emisiones actuales de SO_x , no obstante, la exacción se mantuvo y se justificó como un incentivo para que las corporaciones previnieran la contaminación. Mientras el sistema continúe su existencia, habrá una exacción que se cobrará sobre las emisiones del período de cinco años de 1982 a 1986, y por lo tanto la tasa de exacción acumulada para este período seguirá aumentando en el futuro.

Sin embargo, el cambio más importante es que las únicas partes obligadas a pagar el impuesto eran empresas que tenían plantas o lugares de trabajo con instalaciones que generaban hollín o humo con SO_x hasta el 1 de abril de 1987. Esto significa que todas estas empresas seguirán pagando un impuesto sobre las emisiones pasadas, siempre y cuando continúen existiendo como empresas, incluso si cierran sus plantas y otros lugares de trabajo. Por otro lado, una nueva planta o lugar de trabajo abierto después del 1 de abril de 1987 no pagará la exacción, sin importar cuánto SO_x emita. (Sin embargo, si una empresa recién instala equipo que produzca hollín y humo en una planta existente u otro lugar de trabajo, la compañía está obligada a la exacción convencional.) Como resultado, las empresas continúan reduciendo las emisiones de SO_x en lugares de trabajo que están obligados a pagar el impuesto, al tiempo que aumentan las emisiones de SO_x en lugares de trabajo nuevos. Al detener el reconocimiento de nuevos pacientes certificados, el número de éstos se redujo a 45,000 y el monto de las indemnizaciones disminuyó a 52 mil millones de JPY en 2005.

Cabe señalar que, al mismo tiempo, también hubo una serie de instrumentos normativos para las emisiones SO_x . Desde el punto de vista normativo, existía la *Ley de Regulación de Hollín y Humo* que se aprobó en 1962. Las disposiciones de la ley eran extremadamente laxas, de modo que podían cumplirse incluso con la combustión de petróleo pesado con el más alto contenido de azufre. Esa ley fue derogada por la *Ley de Control de Contaminación del Aire*, que fue aprobada en 1968 e intentó alcanzar los estándares medioambientales a través de dos disposiciones, el Reglamento sobre Valor K y el Reglamento sobre Emisiones Totales.

El Reglamento sobre Valor K tenía como objetivo reducir la concentración de SO_2 en el suelo y se basó en el producto de una variable normativa, así como en la altura de la chimenea. Desde que se introdujo en 1968, el reglamento fue revisado siete veces hasta 1976 y sigue en vigor actualmente. En 1968, era posible cumplir con la regulación mediante la construcción de chimeneas muy altas, incluso si se utilizaban combustibles con alto contenido de azufre y así fue como aparecieron chimeneas de más de 100 metros de altura. Sin embargo, la introducción de regulaciones en 1976, estipuló acciones adicionales.

Cuando el cumplimiento de los estándares de SO_2 era difícil mediante el Reglamento sobre Valor K, la ley requería que los gobernadores metropolitanos y de las prefecturas introdujeran regulaciones sobre las emisiones totales, adicionalmente. Mientras que el Reglamento sobre Valor K aplicaba a cada instalación, el Reglamento sobre Emisiones Totales

se utilizó para cada planta y otros lugares de trabajo, así como plantas objetivo de gran escala y sitios laborales que acumulaban más del 80% de las emisiones de SO_x antes de la regulación. Las regulaciones se basaron en una variable normativa, así como la cantidad de petróleo pesado equivalente al uso de combustible (kilolitros por hora) para determinar las emisiones máximas por hora. En nuevas instalaciones, la cantidad permitida de emisiones es más estricta en relación al consumo de combustible, pero puede ser mayor que para las empresas con más antigüedad.

También se han utilizado medidas parecidas a la subvención: préstamos a bajo interés, depreciación especial, acortamiento de vida legal y exención de impuestos a los activos fijos, a cambio de inversión en la prevención de contaminantes. Con el Sistema Tributario de la Reforma Energética de 1978 que todavía está vigente hoy en día, una empresa que ha abierto instalaciones específicas podría elegir una reducción al impuesto sobre sociedades, ya sea a través de una exención fiscal del 7% sobre el precio de adquisición inicial o de una amortización especial del 30% en el primer año fiscal (este componente ha estado disponible desde 1975). Estas medidas fueron contempladas para el ahorro de energía, pero no para el control de contaminantes, y son aplicables a las instalaciones.

Las medidas voluntarias —acuerdos de control de contaminantes (PCA)— también han sido ampliamente utilizadas en Japón. Los gobiernos locales comenzaron a utilizar los PCA como un último recurso en la década de 1960, cuando aún carecían de autoridad para regular. Los PCA proliferaron rápidamente a partir de la década de 1960 y en la actualidad suman un número superior a los 30,000. Teniendo en cuenta los seis millones de lugares de trabajo en Japón, hay un promedio de un PCA por cada 200 sitios laborales; se estima que la cobertura de los PCA es muy alta en las instalaciones de gran escala. La mayoría de los PCA que se celebran con estos lugares de trabajo de gran escala, incorporan restricciones además de las regulaciones legales, y éstos deben cumplir los niveles de emisiones estipulados en los PCA. El Valor K estandarizado y el Reglamento sobre Emisiones Totales se aplican de manera indiscriminada, ya que es difícil tomar en cuenta las condiciones naturales locales y la distribución espacial de los lugares de trabajo. Por esta razón, los gobiernos locales utilizan los PCA para imponer restricciones más estrictas sobre las emisiones en lugares de trabajo de gran escala que tienen amplios recursos financieros, lo cual permite, al mismo tiempo, que los niveles regulatorios estandarizados permanezcan relativamente laxos.

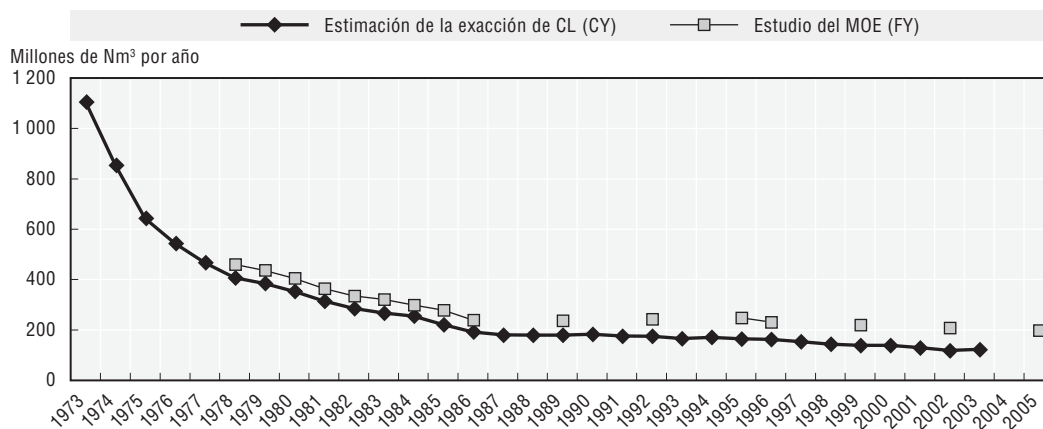
En teoría, las empresas no tienen que cumplir los PCA que les obliguen a tomar medidas más allá de los requisitos que marca la ley. Sin embargo, los gobiernos locales que tienen autoridad para dar diferentes tipos de permisos a las empresas, tienen un gran poder de negociación y las empresas parecen aceptar los PCA individuales a fin de evitar conflictos. Recientemente, numerosas empresas han comenzado a publicar en sus informes ambientales el hecho de haber completado y continuar cumpliendo los PCA, que son considerablemente más estrictos que la normatividad legal. El equilibrio entre el poder de negociación de los gobiernos locales y las empresas, varía de un caso a otro y las empresas a veces se niegan a los PCA.

Impactos medioambientales del instrumento

A finales de la década de 1970, la cantidad de SO_x había sido reducida adecuadamente, y este logro se reconoce como un ejemplo de una política medioambiental eficaz. La Gráfica I.2 muestra los niveles estimados de emisiones de SO_x , derivados de los datos del Ministerio de Medio Ambiente (MOE) y de la exacción de la Ley de Compensación.

Esta cifra muestra que hubo una fuerte disminución de SO_x en Japón a partir de la década de 1970 y hasta mediados de la década de 1980, seguido de un ligero aumento o una estabilización, para luego reducirse aún más. Esto parece indicar que la exacción CL ejerció algún efecto en la reducción de emisiones de SO_x al menos durante un determinado período previo a la interrupción de la designación de áreas en 1987. Tras el cese de designación de áreas, el hecho de que la estimación de exacción para SO_x siga disminuyendo, mientras el estudio de SO_x del MOE no muestra disminuciones, se debe posiblemente al aumento de volumen de emisiones de SO_x en los lugares de trabajo que no están sujetos al impuesto.

Gráfica I.2. Tendencias de las emisiones de SO_x



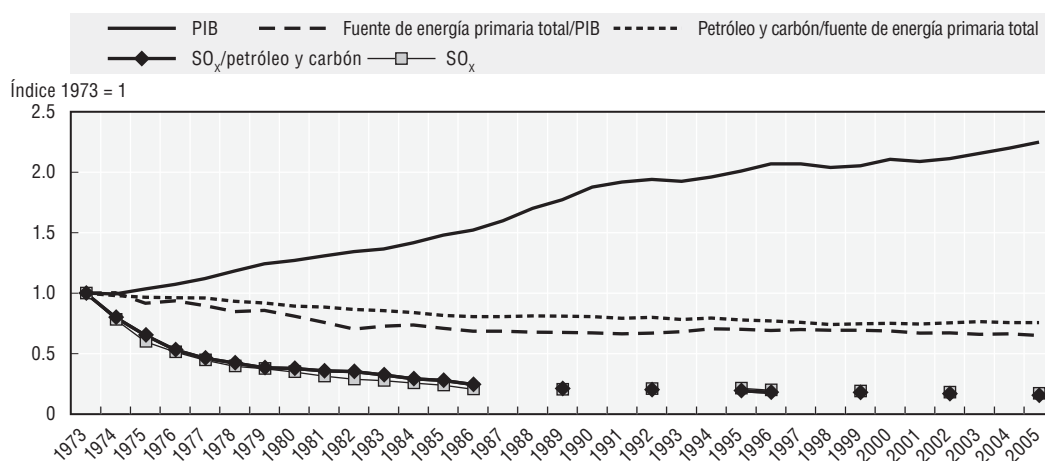
Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317920>

También se podrían considerar los factores que afectan a las emisiones: el PIB como volumen de producción, el consumo de energía por unidad de PIB, el petróleo y el gas como porcentaje del consumo total de energía, y las unidades de SO_x por unidad de petróleo y gas. Estos factores relativos se muestran en la Gráfica I.3 y está claro que hay una disociación significativa entre las emisiones de SO_x y el PIB.

El resto de esta sección tratará de considerar y diferenciar el impacto de la exacción de CL y otros instrumentos normativos (restricciones legales y PCA) a partir del objeto y momento de cada instrumento, así como el costo de reducción de SO_x . Las medidas parecidas a subvenciones no serán investigadas, ya que no ofrecen incentivos para la reducción de SO_x y tienen un impacto sólo cuando se usan en combinación con un cargo a las emisiones contaminantes. Aunque los costos de inversión dependen de su tiempo de depreciación, parece que los costos más importantes para la inversión en el control de contaminantes, como los equipos de desulfuración (FGD), son gastos de funcionamiento y no costos de inversión. Si existió un efecto de las medidas parecidas a las subvenciones, lo más probable es que haya sido para acelerar la inversión durante aproximadamente un año, puesto que los cambios en las tasas de exacción CL eran muy acelerados (tasa media anual del 110% del año fiscal 1974 a 1979 y del 20% de 1979 a 1987).

Al observar el periodo que va del año fiscal 1973 al año fiscal 1978, parece que la gran reducción durante el mismo se debió a las regulaciones y los PCA que tenían como objetivo alcanzar los estándares medioambientales para marzo de 1978. Durante este período, el SO_x se redujo en 60%, y la mayor parte de esta reducción ocurrió al inicio del período, con una disminución de 40 puntos porcentuales durante los dos primeros años. La tasa de exacción

Gráfica I.3. Factores de emisión de SO_x

Índice 1973 = 1

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317939>

sobre las emisiones en otras áreas (que emitieron de 87% a 88% del volumen de emisiones de SO_x) durante 1974 y 1975, fue de 8.59 JPY y 23.33 JPY por Nm³ (6.01 JPY y 16.33 JPY por kg de azufre), respectivamente. Además, las diferencias de precio en el aceite combustible pesado C con diferentes cantidades de azufre durante este período, fue de 108 JPY por kg de azufre, incluso para el de menor contenido de azufre de entre 3% y 2.5%. Por lo tanto, esto no contribuyó a la reducción de SO_x ya que era más barato pagar que reducir. La situación era la misma, incluso en las áreas designadas donde la tasa de exacción era nueve veces mayor, debido a que las regulaciones también eran más estrictas.

Asimismo, el Reglamento sobre Valor K fue revisado constantemente en 1969 y 1973, y el Reglamento sobre Emisiones Totales fue también introducido. El Reglamento sobre Emisiones Totales fue diseñado para reducir en 50% el total de SO_x en las áreas designadas, las cuales contenían entre el 20% y el 30% de las emisiones de SO_x de todo el país en los periodos 1974-76 y 1976-78. Los PCA con normas estrictas de emisión se concluyeron a finales de 1960 y el número aumentó considerablemente en la década de 1970. Así, parece que el desarrollo y la difusión de las tecnologías de reducción de SO_x, como la desulfuración del petróleo pesado y el FGD, las cuales dieron lugar a importantes reducciones en las emisiones de SO_x durante este período, se debieron principalmente a las regulaciones y a los PCA. Asimismo, el ahorro de energía, en un sentido amplio, se observó repentinamente en el año fiscal de 1975, y parece que los crecientes precios de la energía causados por la primera crisis del petróleo, tuvieron claramente un impacto en ello. El aumento en el uso de gas y energía nuclear pudo ser también una respuesta.

Al observar los años fiscales que van de 1978 a 1986, se alcanzaron los estándares medioambientales en el año fiscal 1979, y por lo tanto las regulaciones no fueron fortalecidas. Es posible que los PCA de las empresas que ampliaron la producción y el consumo de energía, se fortalecieron a fin de reducir las emisiones de SO_x por volumen de consumo de energía. Sin embargo, debido a que se lograron los estándares medioambientales, no hubo necesidad de que las autoridades reguladoras redujeran aún más la cantidad absoluta de emisiones de SO_x en las áreas. Sin embargo, la cantidad absoluta de emisiones de SO_x estaba disminuyendo, lo que sugiere que la reducción de SO_x durante este periodo se debió princi-

palmente a la exacción de CL. Durante este período, el SO_x se redujo en un 69% en las áreas designadas y en un 51% en otras áreas.

Una vez más, al observar las diferencias de precio en el aceite combustible pesado C con contenidos de azufre diferentes y la tasa de exacción en otras áreas, la tasa fue relativamente muy baja como para explicar el cambio de combustibles, por lo menos hasta el año 1985; en 1986, la tasa de exacción se fijó para justificar la reducción de contenido de azufre en el combustible a 1.5%. Esto llevó a una reducción de alrededor del 50% en el caso de fuentes de contaminación que continuaran utilizando petróleo pesado con un contenido de azufre de alrededor de 3%, y ello eliminó la Regulación sobre Valor K mediante la construcción de chimeneas con una altura efectiva superior a los 200 metros. Sin embargo, lo anterior se aplica en el caso de una empresa que haya previsto con exactitud la tasa de gravamen para el siguiente año fiscal, que se aplicó a las emisiones en 1986, y aquellas que previeron una tasa más alta se habrían visto obligadas a hacer una mayor reducción de emisiones.

Asimismo, el costo medio de FGD para reducir el gas con una concentración de SO_x de 2,000 ppm (equivalente al petróleo pesado con contenido de azufre de 2.9%) a una concentración de 200 ppm (0.29%) fue de 86 JPY a 90 JPY por kg de azufre. Esto es inferior a los 105 JPY por kg de azufre, que fue la tasa de exacción para otras áreas en el año fiscal de 1983. Debido a que otros métodos eran menos costosos que este método específico de FGD, es posible que hubiera opciones más baratas en general. Puesto que las cifras obtenidas aquí son costos promedio, no marginales, esto significa que si dicha reducción se hubiera realizado, el beneficio habría sido mayor al costo.

Al referirse a los datos disponibles para el aceite combustible pesado C para la generación de energía eléctrica, respecto al aceite pesado con bajo contenido de azufre de menos de 0.3%, la diferencia de precio es la misma, es decir, entre 0.2% y 0.3% para el combustible con mayor contenido de azufre. Sin embargo, las diferencias de precio que inicialmente eran muy grandes, se redujeron rápidamente con discrepancias de entre 0.2% y 0.1%, disminuyendo de 5,215 JPY a 430 JPY por kg de azufre, entre los años 1980 (octubre) y 1986 (octubre). Por esta razón, el uso de aceite combustible pesado C con 0.1% de azufre se justificó en la zona de Osaka, la cual tenía la mayor tasa de exacción en 1983, así como en todas las áreas designadas en 1986.

A finales de la década de 1970 se produjo un cambio en los precios que llevó al gas natural licuado (GNL), que no contiene azufre, a ser más barato que el aceite combustible pesado C con 0.1% de azufre, para la generación de energía eléctrica y para las empresas siderúrgicas, las cuales tienen sus propios contratos a largo plazo con exportadores de GNL. En este caso, el GNL parece ser utilizado sin ningún tipo de presión gubernamental, tal como estándares de emisiones legales, PCA, o exacción CL. Es decir, la reducción de emisiones de SO_x debida al uso de GNL no parece ser un efecto de los instrumentos normativos. Sin embargo, si las empresas que emiten contaminantes pudieran comprar cualquier cantidad de combustible más limpio, como el GNL, a un precio más bajo, ya habrían reemplazado totalmente otro tipo de combustibles por gas natural licuado. Sin embargo, esto no sucedió. Por lo tanto, debe haber ciertos costos para hacerlo, tales como menor seguridad energética, precios más altos ocasionados por una mayor demanda, y otros. En consecuencia, es posible que la exacción CL, cuyas tasas aumentaron de manera excesiva, haya contribuido a la expansión adicional del uso de GNL, al hacerlo mucho menos costoso que los combustibles que contienen azufre. También es posible que los precios ofrecidos por las compañías de GNL a grandes consumidores de gas, quienes no lo importan por sí mismos, llegaran a ser lo suficientemente bajos y con ello contribuyeran a la reducción de emisiones de SO_x .

Sin embargo, como se observa en la Gráfica I.3, el factor principal para la reducción de SO_x en este periodo, fue la reducción en la razón $\text{SO}_x/(\text{Carbón} + \text{Petróleo})$, lo que implica una desulfurización de combustibles, así como tecnologías FGD. La disminución de la razón $(\text{Carbón} + \text{Petróleo})/\text{Energía}$, que implica una expansión del uso de gas, energía nuclear y otros tipos de fuente de energía, fue un tercer factor de menor importancia, que le siguió al ahorro de energía. Muchos de los mismos factores se relacionan también con las decisiones para el carbón.

Aunque es posible que la reducción de SO_x en este período haya sido, en cierta medida, provocada por los precios relativamente bajos en los combustibles con poco contenido de azufre, sin relación con algún instrumento normativo, se cree que ésta fue limitada y que la exacción CL contribuyó en mucho mayor medida a la reducción de emisiones de SO_x . Esto es consistente con el hecho de que, cuando las tasas de gravamen comenzaron a caer después de 1987, las emisiones de SO_x dejaron de disminuir. Las empresas convencionales tienen diversas opciones para la reducción de SO_x y pueden encontrar alternativas de menor costo que las autoridades reguladoras, asimismo, los investigadores sostienen también la eficacia de la exacción CL en este período.

La expansión de las tecnologías de reducción de SO_x durante este período parece haber sido causada, principalmente, por la exacción CL. Sin embargo, al analizar las entrevistas con fabricantes de equipos medioambientales y en los registros de patentes, no se observó un periodo de auge en el desarrollo de tecnologías de reducción de SO_x , aunque sí algunos avances. Esto es, la tecnología FGD fue adaptada para su uso con carbón, la eficiencia energética de FGD fue mejorada, y así sucesivamente. En resumen, este fue un período en el que la tecnología desarrollada anteriormente se extendió debido a la exacción.

Tras el cese de la designación de áreas, la disminución en las emisiones totales de SO_x en todo el país se desaceleró notoriamente. Se cree que la menor tasa de reducción se debió a la interrupción en la designación de áreas bajo la Ley de Compensación, no obstante, la situación real es un poco más compleja. En los períodos de ejercicio fiscal 1986-1996 y 1996-2005, las emisiones de SO_x se redujeron, de acuerdo con el estudio del MOE, con una tasa anual de 0.4% y 1.7%, respectivamente, más despacio que en periodos anteriores. Sin embargo, la estimación de la exacción de SO_x disminuyó a un ritmo más acelerado, tanto en las áreas designadas como en otras áreas (véase el Cuadro I.1). Una razón para esto es que el número de fuentes de contaminación que pagaban la exacción se redujo de forma sistemática, aunado a una disminución en las emisiones por cada fuente de contaminación.

Debido a estos factores, la brecha es cada vez mayor entre el estudio del MOE y la estimación de la exacción de SO_x . Hay dos posibles explicaciones para esto. Una de ellas es que las empresas aumentaron la producción en las plantas nuevas y otros lugares de trabajo (y en consecuencia, también incrementaron las emisiones) y disminuyeron la producción en plantas y lugares de trabajo que estaban obligados a pagar la exacción. El impacto de la reubicación de la producción a sitios en el extranjero es también una posibilidad. La otra explicación posible es que las empresas continuaron con sus esfuerzos de reducción de SO_x como lo hicieron anteriormente, para hacer frente a la tasa de exacción que no disminuía lo suficiente, necesariamente. La investigación en cada uno de los grados de contribución mencionados, se tendrá que aplazar hasta una nueva oportunidad. En última instancia, durante este período, la exacción tuvo un impacto en el volumen de emisiones de SO_x debido a que el impuesto no se obtuvo de nuevas instalaciones y otros lugares de trabajo, gracias al cese de designación de áreas y a la disminución en la tasa de exacción, hasta cierto punto.

Cuadro I.1. Tasa de cambio promedio anual de reducción de SO_x

Encuesta MOE en el año fiscal, la estimación de la tasa de CL en el año calendario	Estudio MOE	Estimación de la tasa de CL					
	Total nacional (%)	Áreas designadas			Otras áreas		
		Emisiones (%)	Número de sitios (%)	Emisiones por sitio (%)	Emisiones (%)	Número de sitios (%)	Emisiones por sitio (%)
1973-78	-16.9	-24.9	+12.9	-33.5	-17.3	+6.9	-22.6
1978-86	-7.8	-13.8	-1.7	-12.3	-8.6	+1.9	-10.3
1986-96	-0.4	-4.1	-0.4	-3.8	-1.5	-0.2	-1.3
1996-2005 (2003 estimación de 2003 sobre la exacción CL)	-1.7	-6.8	-0.7	-6.2	-3.9	-0.5	-3.4

Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932318623>

Impactos de la innovación en el instrumento

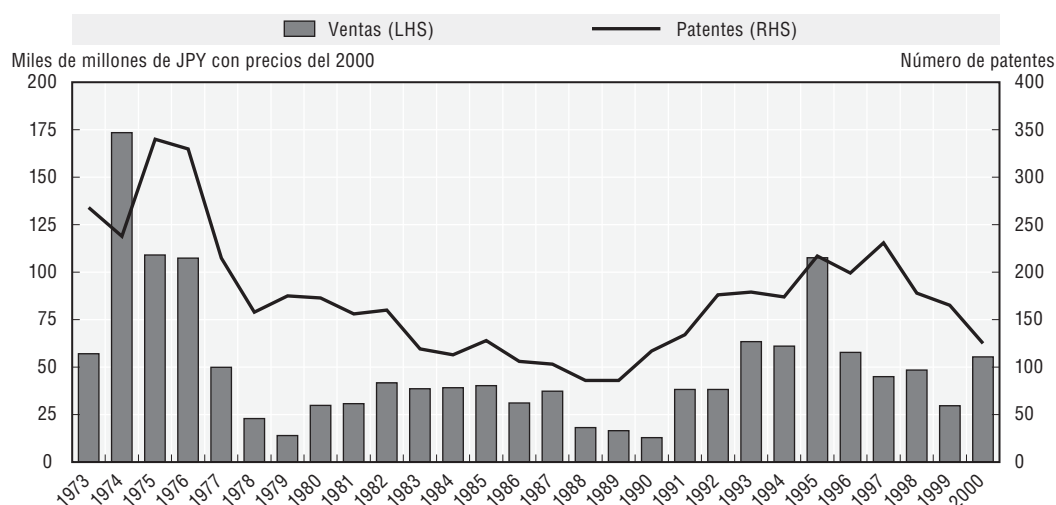
En esta sección se utilizan datos relacionados con las patentes para estudiar el estado del desarrollo tecnológico en relación con la tecnología de tratamiento de SO_x. No todos los que llevaron a cabo desarrollo tecnológico necesariamente patentaron los resultados de su investigación y actividades relacionadas con el mismo, no obstante, el análisis de las patentes ayuda a comprender las principales tendencias en el desarrollo tecnológico en relación con FGD.

PATOLIS es una base de datos que integra la búsqueda de varias palabras clave obtenidas a partir de los resúmenes de los contenidos técnicos, elaborados mediante el boletín de patentes, además de la información básica sobre todas las patentes presentadas a la Oficina Japonesa de Patentes (nombre del solicitante, fecha de aplicación, etc.). El periodo de búsqueda que va de 1971 a 2000, produjo una muestra de 5,647 patentes. Como se muestra en la Gráfica I.4, esta tendencia es casi idéntica al comportamiento de las ventas de equipos de desulfuración (FGD).

Sin embargo, el número de solicitudes de patentes relacionadas con la tecnología de desulfuración, se ve afectada no sólo por el estado de desarrollo de esta tecnología, sino también por las corrientes sociales en torno al sistema de patentes y a los derechos de propiedad intelectual. Al observar las tendencias en la razón de la solicitud de patente relacionadas con desulfuración y las solicitudes de patentes totales, el comportamiento es similar a la Gráfica I.4. Sin embargo, en comparación con la tendencia en el número de solicitudes, el incremento es mucho más suave. En consecuencia, el segundo pico en las solicitudes de patentes para la tecnología relacionada con la desulfuración, que se produjo partir de mediados de la década de 1990, parece haber ocurrido, en parte, como resultado de una actitud positiva en general para patentar, esto debido a cambios en el sistema o en el entorno social.

La mayoría de los solicitantes de patentes son fabricantes de ingeniería para plantas (proveedores externos que casi no emiten SO_x en sus propias empresas). Por ejemplo, los 10 principales fabricantes de plantas en términos de capacidad acumulada de FGD, suman el 54% de todos los solicitantes de patentes de Japón en la muestra, con la exclusión de individuos particulares. No existe un gran número de solicitudes de patentes de empresas que emitan SO_x, o de institutos públicos o nacionales de investigación. Por ejemplo, las compañías de generación de electricidad, que eran la mayor fuente de emisiones de SO_x, establecieron sus propias plantas piloto y emprendieron activamente la investigación

Gráfica I.4. Ventas y patentes de FGD



Fuente: OCDE (2009).

<http://dx.doi.org/10.1787/888932317958>

conjunta con los fabricantes de plantas, durante el período de desarrollo de tecnologías FGD, que va de finales de la década de 1960 hasta principios de 1970, sin embargo, no sólo no presentaron sus propias solicitudes para las patentes, tampoco presentaron muchas de las aplicaciones conjuntas.

Al observar de nuevo la Gráfica I.4, el período comprendido entre principios y mediados de la década de 1980, cuando las tasas de exacción CL aumentaron considerablemente, fue uno con muy pocas solicitudes de patentes relacionadas con FGD. Por el contrario, las solicitudes aumentaron de nuevo en la década de 1990 cuando el reconocimiento de nuevos pacientes se detuvo y las tasas de exacción CL fueron reducidas significativamente. El segundo pico en el número de solicitudes se produjo a finales de 1990. Por lo tanto, es difícil descifrar la evidencia a partir de los datos de patentes que sugieren que la Ley de Compensación produjo un gran incentivo para las actividades de desarrollo tecnológico relacionadas con FGD.

Conclusión

La exacción CL, cuyo objetivo es garantizar una fuente de fondos de compensación para las víctimas que sufren daños a la salud debido a la contaminación, se fijó en una tasa elevada después de que se lograron las normas ambientales para SO_2 a finales de los setenta y hasta los últimos años de la década de 1980, y ello contribuyó en gran medida a la difusión y utilización de la tecnología mencionada. También pudo haber ejercido un impacto en las mejoras tecnológicas, tales como el impulso de la eficiencia de los equipos FGD, así como la popularización del uso de gas natural licuado y gas natural.

Aunado al cese de designación de áreas bajo la Ley de Compensación en el año 1988, la exacción CL tuvo efecto en los emisores de SO_x al proporcionarles un incentivo para construir plantas y otros lugares de trabajo en nuevos sitios, y al continuar proporcionando un incentivo para reducir las emisiones de SO_x en las plantas y lugares de trabajo existentes. Los aumentos en las emisiones de SO_x de las plantas y otros lugares de trabajo que no tienen una obligación de pago de exacción, se ven afectados por ambos incentivos. Se puede

observar el impacto de lo anterior (incentivo para reducir las emisiones de SO_x en las plantas existentes y otros lugares de trabajo) en efectos como el aumento del uso de gas natural realizado la industria.

La Ley de Compensación tuvo un gran éxito al dar alivio rápidamente a numerosas víctimas de daños a la salud debido a la contaminación. Sin embargo, la imposición de toda la responsabilidad sobre el SO_x (en lugar de distribuir las responsabilidades entre todos los contaminantes que han contribuido a los problemas de salud) provocó una reducción excesiva de SO_x . Si los recursos para la reducción de SO_x que se utilizaron después de lograrse las normas ambientales de SO_2 , a finales de 1970, se hubieran dirigido hacia medidas contra otros tipos de contaminación, se podría haber alcanzado una mayor reducción de los daños a la salud, y en consecuencia una mejor relación costo-efectividad.

Hay dos razones principales por las que la exacción CL no indujo una mayor innovación tecnológica. La primera razón es el fracaso del sistema de CL para atender las verdaderas causas de los daños a la salud que el sistema trata de compensar. Cuando el nivel de compensación se determina de manera exógena, el comportamiento racional de las empresas unificadas que emiten contaminantes, es no disminuir las emisiones de SO_x a fin de minimizar la suma de los costos de reducción y los pagos de exacción. Por el contrario, si las compensaciones no se determinan de manera exógena, sino que se aplican en el rango completo de los contaminantes atmosféricos emitidos que tienen efectos adversos en la salud, su comportamiento racional unificado será reducir la causa verdadera de los contaminantes, en lugar de concentrarse sólo en el SO_x , por lo que la suma de los costos de reducción y compensaciones se minimiza. En este caso, incluso la exacción sobre SO_x podría inducir hacia el desarrollo tecnológico para disminuir las verdaderas causas de contaminación. Sin embargo, lo que hicieron las empresas fue reducir las emisiones de SO_x . Esto demuestra que no formaron un cártel de toda la industria para no reducir emisiones de SO_x o para reducir las verdaderas causas de los contaminantes. En su lugar, se unieron para tratar de cambiar el sistema de CL, mientras que de forma individual intentaron reducir su participación en las responsabilidades mediante la reducción, no la innovación.

Hasta finales de 1970, las empresas tuvieron que reducir las emisiones de SO_x debido a las disposiciones legales y los PCA. La incertidumbre en las tasas de exacción no evitó que las empresas invirtieran para cumplir con las leyes y los PCA. Como resultado, redujeron las emisiones a los niveles suficientes. Por lo anterior, parece razonable que las empresas comenzaran a exigir el cese de la certificación de nuevos pacientes. Lograron cambiar el sistema y eliminaron totalmente la incertidumbre en las tasas de exacción.

Además, las tecnologías que se desarrollaron en la década de 1970 debido a las estrictas regulaciones legales y los PCA en las zonas industriales altamente concentradas, fueron casi suficientes para llevar a cabo una reducción de emisiones subsiguientes en otras áreas durante la década de 1980. La exacción CL contribuyó más a la difusión de tecnologías de reducción de SO_x que se habían desarrollado previamente, que al desarrollo de nuevas tecnologías.

Para más información sobre la exacción en Japón, la versión completa del estudio de caso (OCDE 2009) está disponible en [www.oilis.oecd.org/oilis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa\(2009\)38-final](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2009doc.nsf/linkto/com-env-epoc-ctpa-cfa(2009)38-final).

Referencias

OCDE (2009), *The Impacts of the SO_x Charge and Related Policy Instruments on Technological Innovation in Japan*, OCDE, París.

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (OCDE)

La OCDE constituye un foro único en su género, donde los gobiernos trabajan conjuntamente para afrontar los retos económicos, sociales y medioambientales que plantea la globalización. La OCDE está a la vanguardia de los esfuerzos emprendidos para ayudar a los gobiernos a entender y responder a los cambios y preocupaciones del mundo actual, como el gobierno corporativo, la economía de la información y los retos que genera el envejecimiento de la población. La Organización ofrece a los gobiernos un marco en el que pueden comparar sus experiencias políticas, buscar respuestas a problemas comunes, identificar buenas prácticas y trabajar en la coordinación de políticas nacionales e internacionales.

Los países miembros de la OCDE son: Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Chile, Corea, Dinamarca, Eslovenia, España, Estados Unidos de América, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Israel, Italia, Japón, Luxemburgo, México, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República Eslovaca, Suecia, Suiza y Turquía. La Comisión Europea participa en el trabajo de la OCDE.

Las publicaciones de la OCDE aseguran una amplia difusión de los trabajos de la Organización. Éstos incluyen los resultados de la compilación de estadísticas, los trabajos de investigación sobre temas económicos, sociales y medioambientales, así como las convenciones, directrices y los modelos desarrollados por los países miembros.

El sistema tributario, la innovación y el medio ambiente

La resolución de los problemas ambientales en el mundo podría implicar un costo importante para el crecimiento económico si sólo se dispone de las tecnologías presentes en la actualidad. Sabemos que la innovación —la creación y adopción de los nuevos conocimientos y tecnologías— ofrece las vías necesarias para alcanzar los objetivos ambientales locales y globales, y a costos considerablemente más bajos. La innovación es también el principal impulsor del crecimiento económico.

Los gobiernos de la OCDE utilizan cada vez más los impuestos relacionados con el medio ambiente, ya que usualmente se considera una de las herramientas de política pública más efectivas. Explorar la vinculación entre los impuestos relacionados con el medio ambiente y la innovación es fundamental para comprender el impacto real de este instrumento de política pública: una faceta potencial del “crecimiento verde”. Al asignarle un precio a la contaminación, ¿los impuestos ambientales promueven la innovación? ¿Qué tipos de innovación resultan de ellos? ¿Es importante el papel que desempeña el diseño del impuesto? ¿Cuál es el efecto de esta innovación?

En el análisis de estas preguntas, este informe se remite a los estudios de caso que incluyen a Japón, Corea, España, Suecia, Suiza, el Reino Unido, Israel y otros. Cubre una amplia gama de temas y tecnologías ambientales, además de los contextos económicos y de políticas públicas. Los métodos de investigación varían desde el análisis econométrico hasta las encuestas con los propietarios y ejecutivos de las empresas. Este informe también explora el uso de los impuestos relacionados con el medio ambiente en los países de la OCDE, y resalta las consideraciones de los encargados del diseño de políticas públicas al implementar dichos impuestos.

Las políticas de crecimiento ecológico pueden estimular el crecimiento económico al mismo tiempo que previenen la degradación ambiental, la pérdida de la biodiversidad y el uso de los recursos naturales no sustentables. Los resultados de esta publicación contribuirán a la Estrategia de Crecimiento Verde (Green Growth Strategy) que se desarrolla por parte de la OCDE como un paquete de políticas públicas prácticas para que los gobiernos canalicen el potencial de un crecimiento más ecológico.

www.oecd.org/greengrowth

Para más información sobre el trabajo de la OCDE sobre los impuestos relacionados con el medio ambiente, visite: **www.oecd.org/env/taxes**.

Lectura adicional

The Political Economy of Environmentally Related Taxes [La economía política de los impuestos relacionados con el medio ambiente] (2006)

El texto completo de este libro está disponible en línea en los siguientes enlaces:

www.sourceoecd.org/taxation/9789264087620

www.sourceoecd.org/environment/9789264087620

Those with access to all OECD books on line should use this link:

www.sourceoecd.org/9789264087620

SourceOECD is the OECD online library of books, periodicals and statistical databases.

For more information about this award-winning service and free trials ask your librarian, or write to us at

SourceOECD@oecd.org.

ISBN 978-607-9217-19-8

Con el apoyo de



Con la revisión técnica de



THOMSON REUTERS
DOFISCAL



ISBN: 978-607-9217-19-8



9 786079 217198