

Enfoques y políticas de eco-innovación. Una visión crítica

La importancia de la innovación ecológica para la sostenibilidad es hoy en día incuestionable en el debate académico y político. La «eco-innovación», definida como aquellas innovaciones que generan mejoras en los efectos ambientales de las actividades de producción y consumo, debe, por tanto, situarse en el centro de cualquier política de desarrollo sostenible y en toda estrategia de transición hacia la sostenibilidad. El objetivo de este artículo es aportar una revisión de las principales corrientes teóricas que se han utilizado para el análisis de las interacciones entre economía, tecnología y medio ambiente. Nos centramos en aquéllas que se han demostrado particularmente relevantes para el análisis empírico de los obstáculos y estímulos a la eco-innovación. Pretendemos identificar las lecciones que se derivan de esos enfoques para las políticas públicas y privadas y aportar casos prácticos que se han aplicado para fomentar la eco-innovación.

Berrikuntza ekologikoak iraunkortasunari buruzko akademia- eta politika-eztabaidan duen garrantzia ukazina da gaur egun. «Eko-berrikuntzat» hartzen dira ekoizpen- eta kontsumo-jardueren ingurumenaren gaineko eraginen kudeaketan hobekuntzak sortzen dituzten berrikuntzak. Hori dela eta, garapen iraunkorreko politika guztien gunea izan beharko litzateke, bai eta iraunkortasunerako trantsizio-estrategia guztien gunea ere. Artikulu honen helburua da ekonomiaren, teknologiaren eta ingurumenaren arteko elkarreaginak aztertzeke erabili izan diren joera teoriko nagusien berrazterketa egitea. Horrela bada, eko-berrikuntzarako oztopo eta pizgarrien azterketa enpirikorako bereziki garrantzitsuak direla frogatu direnetan ipini dugu arreta. Ikuspegi horietatik politika publiko eta pribatuetarako ondorioztatu diren ikasbideak identifikatu nahi ditugu, eta eko-berrikuntza sustatzeko aplikatu diren kasu praktikoak azaldu.

The importance of eco-innovation in the current academic and political debate on sustainability is unquestionable. The term refers to improvements in the management of the environmental effects of production and consumption activities. This places it squarely at the heart of any sustainable development policy and strategy for transition to sustainability. This paper sets out to provide a review of the main theoretical lines used to analyse interaction between the economy, technology and the environment. We focus on those lines that have proved especially important in the empirical analysis of obstacles and stimuli on the road to eco-innovation. The intention is to determine what lessons can be learned from the different approaches for public and private-sector policies, and to present practical case studies involving the encouragement of eco-innovation.

Pablo del Río González*
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Javier Carrillo-Hermosilla
IE Business School

Totti Könnölä
Institute for Prospective Technological Studies (JRC-IPTS)

ÍNDICE

1. Introducción
 2. ¿Qué enfoques se han utilizado para analizar los determinantes y barreras a la eco-innovación?
 4. ¿Qué políticas se derivan de esos enfoques?
 5. Experiencias internacionales seleccionadas
 6. Conclusiones y líneas futuras de investigación
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: eco-innovación, economía evolutiva, gestión ambiental.

Keywords: Eco-innovation, evolutionary economy, environmental management.

N.º de clasificación JEL: D21 O33, O38.

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de la innovación en el debate sobre la sostenibilidad es hoy en día incuestionable. Muchos son los que defienden la necesidad de cambios radicales y sistémicos para satisfacer los exigentes objetivos de sostenibilidad ambiental (e.g. Nill y Kemp, 2009; OCDE, 2009). Esto

sitúa a la eco-innovación en el centro de toda política de desarrollo sostenible y en cualquier estrategia de transición hacia la sostenibilidad¹.

A pesar de la importancia de la eco-innovación, existen muchas barreras a su desarrollo y adopción, que podemos resumir en tres grandes grupos (del Río, 2002,

* La investigación contenida en esta publicación ha sido financiada parcialmente con los fondos del Proyecto de Investigación No. ECO2009-07237 «Competitividad y sostenibilidad a través de la eco-innovación: caracterización, barreras, políticas y estrategias empresariales» otorgados por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España. Las opiniones expresadas en este trabajo son sólo las de los autores y no las de la Comisión Europea.

¹ Aunque definir la eco-innovación no es una tarea fácil y se han realizado muchos intentos en la literatura (véase Carrillo *et al.*, 2009), nosotros entendemos la «eco-innovación» como aquellas innovaciones que generan una reducción en los impactos ambientales de las actividades de producción y consumo, en línea con la idea de que la reducción en los impactos ambientales (sean o no intencionados) es la principal característica diferenciadora de la eco-innovación.

2005; Carrillo *et al.*, 2009): factores internos a la empresa, factores externos a la empresa y características de las eco-innovaciones. Al decidir la adopción de una tecnología medioambiental, las empresas están influidas por varios agentes y factores socio-económicos e institucionales. La interacción de estas fuerzas externas con las capacidades y características de la empresa y con los rasgos tecnoeconómicos principales de las tecnologías a adoptar, conduce a la implantación (o no) de una tecnología medioambiental concreta, en un proceso que está condicionado por los beneficios, costes y riesgos del desarrollo y adopción de la misma (Carrillo *et al.*, 2009).

Varios enfoques se han utilizado para analizar las relaciones entre economía, tecnología y medio ambiente y, en particular, las barreras a la eco-innovación. Dichos enfoques incluyen el convencional, la literatura sobre gestión ambiental empresarial y el sistémico/evolutivo que, a su vez, incluye varios enfoques. Estos enfoques son relevantes para el análisis empírico de las barreras a la eco-innovación. Cada uno de ellos parte de supuestos muy distintos sobre los procesos de cambio tecnológico, presta atención a distintos niveles de dicho proceso (empresa, meso, macro) y se concentra en distintas categorías. Así, mientras que el enfoque convencional presta atención preeminente al coste de las tecnologías y al papel de la regulación pública, el enfoque de gestión empresarial se centra en los factores internos (aspectos de gestión internos a la empresa tales como la estrategia ambiental y el compromiso de la alta dirección) y los enfoques sistémicos prestan en general atención a la interacción dinámica entre los tres grandes grupos de

factores (del Río, 2009). A su vez, cada enfoque pone el énfasis en diferentes aspectos de la política pública.

El objetivo de este artículo es aportar una breve revisión de las principales corrientes teóricas que se han utilizado para el análisis de las interacciones entre economía, tecnología y medio ambiente, centrándonos en aquéllas que se han demostrado particularmente relevantes para el análisis empírico micro de las barreras y determinantes a la eco-innovación (apartado 2), identificar las implicaciones de la política pública que se derivan de esos enfoques (apartado 3) y aportar una serie de ejemplos prácticos que, a nivel mundial, se han aplicado para fomentar la eco-innovación siguiendo las directrices de la literatura revisada (apartado 4). El artículo finaliza con un apartado de conclusiones y posibles líneas de investigación.

2. ¿QUÉ ENFOQUES SE HAN UTILIZADO PARA ANALIZAR LOS DETERMINANTES Y BARRERAS A LA ECO-INNOVACIÓN?

Tal y como se ha adelantado, los enfoques para analizar los determinantes y barreras a la eco-innovación han sido agrupados en tres grandes categorías: enfoques convencionales, la literatura sobre gestión ambiental empresarial y los enfoques sistémico/evolutivos. Todos ellos parten de marcos teóricos distintos y utilizan metodologías diversas. El objetivo de esta sección es ilustrar la conceptualización del proceso de cambio tecnológico y la consideración de las barreras a la eco-innovación de cada enfoque.

2.1. El enfoque convencional

En este apartado podemos incluir un grupo de aproximaciones teóricas que comparten el estar basadas en el enfoque lineal de la innovación, que defiende que las tecnologías pasan por fases secuenciales (invención, innovación y difusión), sin interacción entre ellas; en claro contraste con el enfoque sistémico que sugiere que existen efectos de retroalimentación e interacciones entre fases que deben ser explícitamente consideradas.

Varios son los enfoques que podríamos incluir en este apartado (del Río, 2002): las teorías tradicionales del crecimiento (Solow, 1986), los modelos macroeconómicos ambientales (Manne y Richels, 1992), los modelos de crecimiento endógeno (Smoulders, 1995), la economía industrial (Kerr y Newell, 2001), los modelos de innovación inducida (Ruttan, 2000) y los modelos de innovación en control de la contaminación².

Aunque todos esos enfoques directa o indirectamente abordan la cuestión de las mejoras tecnológicas que redundan en un menor impacto ambiental, nos centramos en los modelos de innovación en control de la contaminación. Estos tienen como objetivo común identificar los efectos sobre la invención, la innovación y la difusión tecnológica de los distintos instrumentos de política ambiental (instrumentos de regula-

ción, económicos y voluntarios). Entre ellos cabe mencionar a nivel teórico los modelos de Downing y White (1986), Magat (1979), Jung *et al.* (1996), Milliman y Prince (1989) y Mendelsohn (1984). Todos ellos conducen a la conclusión de que los instrumentos económicos (impuestos, subsidios, permisos...) ofrecen un mayor incentivo a innovar que la regulación directa (en la forma de estándares de emisión o tecnológicos). Estos modelos aportan un análisis formal e identifican las variables económicas relevantes y, por tanto, los incentivos más importantes al cambio. Sin embargo, en dichos modelos no se analiza detalladamente el proceso de cambio tecnológico que dio lugar al desarrollo o adopción de eco-innovaciones. Aunque son un buen punto de partida para una discusión sobre la relación entre política ambiental y cambio técnico en el control de la contaminación³, al no distinguir entre eco-innovaciones en tecnologías de tipo «final de tubería» e «integradas de proceso» no tienen en cuenta que las implicaciones de unas y otras eco-innovaciones para la transición sostenible son distintas. La forma en la que respondan tecnológicamente las empresas a los requerimientos de la política ambiental tiene efectos tanto en las características del impacto ambiental generado como en la competitividad de la empresa a medio y largo plazo. Por lo

² No obstante, somos conscientes de la simplificación que supone incluir dentro de una misma categoría a todos estos enfoques. Sin embargo, consideramos que, a los efectos de este trabajo, este agrupamiento de enfoques resulta útil por contraposición a los enfoques de gestión ambiental y sistémico-evolutivos, en tanto en cuanto aquellos tienen en común no considerar aspectos internos a la empresa (en contraste con los enfoques de gestión ambiental en la empresa) y su conceptualización del proceso de cambio tecnológico es excesivamente simplista (en contraste con los modelos y enfoques sistémico-evolutivos).

³ Además, estos modelos no consideran la mayor o menor velocidad de la difusión tecnológica en respuesta a esos instrumentos de política ambiental (Kemp 1997; p. 41), no introducen una serie de factores fundamentales que pueden tener una influencia clave en esa mayor o menor velocidad (por ejemplo, las inversiones realizadas en la tecnología existente) y no tienen en cuenta la forma de aplicar el instrumento así como el contexto institucional en el que éste se aplica. Estos últimos factores pueden ser de mayor relevancia que el instrumento concreto de política pública ambiental utilizado. Para una crítica más detallada de estos modelos, véase Kemp (1997, capítulo 2) y del Río (2002, capítulo 3).

Cuadro n.º 1

Ejemplos de modelos de innovación en control de la contaminación

Anderson y Newell (2003)	Utilizando un modelo logit estos autores analizan la influencia de las auditorías energéticas subvencionadas por el gobierno en la decisión de adoptar tecnologías en plantas de producción. Las plantas adoptaron la mitad de los proyectos recomendados por las auditorías. Las tasas de adopción son generalmente mayores para proyectos con menores periodos de retorno de la inversión. El 40% de las plantas están más influidas por el impacto de los costes iniciales que por los ahorros anuales de costes (especialmente las pymes). Por tanto, las subvenciones pueden tener una mayor influencia en la adopción de tecnologías de eficiencia energética que los incrementos de precios de la energía.
Brunnermeier y Cohen (2003)	En este artículo, los autores utilizan un modelo con datos de panel para analizar los determinantes a la innovación ambiental (medida por las patentes) en 146 subsectores de la economía estadounidense entre 1983 y 1992. Los resultados muestran que 1) los incrementos en los gastos de control de la contaminación fueron determinantes para la innovación ambiental; 2) Una mayor y mejor ejecución de la regulación no dio lugar a una mayor innovación.
Lanjouw y Moddy (1996)	En este trabajo se muestra cómo la innovación y la difusión de tecnologías ambientales en los tres países analizados (EEUU, Japón y Alemania) en los años setenta y ochenta puede explicarse a partir de los gastos de cada país (empresa) en el control de la contaminación, con un intervalo de respuesta de uno a dos años. La innovación en un país también se produce como respuesta a las regulaciones en otros países.
Jaffe y Palmer (1997)	Utilizando un modelo econométrico de panel, los autores analizan el impacto de la rigurosidad de la regulación (aproximada por los gastos de cumplimiento con la regulación ambiental) sobre la innovación (medida por las las inversiones en I+D y patentes) en empresas industriales estadounidenses entre 1975 y 1991. Los autores muestran que un incremento en los gastos de cumplimiento con la regulación ambiental da lugar a mayores inversiones en I+D.
Popp (2006)	Realiza un análisis comparativo internacional de la innovación en tecnologías de control de la contaminación (SO ₂ y NOx) en EEUU, Japón y Alemania. Un incremento de la rigurosidad de la regulación en EEUU dio lugar a un incremento en el número de patentes nacionales pero no a un incremento en el número de patentes extranjeras (los inventores responden a la presión de la regulación en su país, pero no a las regulaciones en otros países).

Fuente: Elaboración propia a partir de del Río (2007).

tanto no sólo resulta relevante identificar los incentivos a la eco-innovación, sino también el tipo de eco-innovación adoptada y las diferentes motivaciones que dieron lugar a la adopción de unas u otras eco-innovaciones, algo que estos modelos no hacen (Del Río, 2002). El cuadro n.º 1 aporta algunos ejemplos de este enfoque.

2.2. Los factores internos: La literatura sobre gestión ambiental empresarial y competencia tecnológica interna

La posibilidad de desarrollar o adoptar eco-innovaciones exige ciertas precondiciones o cambios internos en las empresas. En general, son necesarios cambios en tres aspectos interrelacionados de la actividad empresarial: cambios en la organización, en la estrategia empresarial y en la competencia tecnológica de la empresa. Los siguientes enfoques ponen el énfasis en alguno de estos aspectos.

*La literatura sobre gestión ambiental empresarial*⁴

Esta literatura suele recoger una serie de presiones que la empresa soporta y que le hacen considerar los aspectos ambientales en su estrategia. Entre dichas fuerzas que presionan al cambio podríamos señalar las siguientes (Fischer y Schot, 1993; Cabezudo *et al.*, 2000):

1. Presiones de la regulación.
2. Presiones de la sociedad civil, que espera una mejora en el rendimiento ambiental de las empresas.

3. Presiones del mercado, como consecuencia de cambios en las preferencias de los consumidores finales y en la importancia que otorgan a las características ambientales de los productos en sus decisiones de compra. También los clientes industriales pueden contribuir en este sentido, pues reciben la presión de la regulación y de sus propios clientes, estableciendo requerimientos ambientales más rigurosos a sus proveedores, que acaban extendiéndose a toda la cadena de producción.
4. Presiones financieras, por parte de inversores, aseguradoras e instituciones financieras que incorporan crecientemente las cuestiones ambientales en sus decisiones.

La mayor parte de dicha literatura subraya que los actores y fuerzas presionan al cambio en las empresas hacia una mayor consideración de los aspectos ambientales. Una de las formas en la que la empresa puede responder a dichas presiones es a través del desarrollo o adopción de eco-innovaciones. Esta respuesta forma parte de la estrategia ambiental de la empresa, es decir, del patrón de tratamiento de las cuestiones ambientales (Fischer y Schot, 1993).

La innovación exige una actividad deliberada por parte de la empresa, y es el resultado de una estrategia determinada (Utterback, 1979)⁵. Por otro lado, una de las razones por la que las empresas dan diferente importancia a las cuestiones ambien-

⁴ Este apartado incluye literatura sobre gestión ambiental y estudios de organización.

⁵ La estrategia (y organización) empresarial y la tecnología de la empresa influyen la una en la otra. Por su parte, las actitudes de la empresa están influidas por los incentivos, la base de conocimiento de la empresa y la cultura empresarial (Ashford, 1993; p. 305).

tales reside en que difieren en sus estrategias y actitudes ambientales, en función de su interpretación de los aspectos de este tipo (Sharma, 2000). Relacionando ambos aspectos, cabe concluir que la adopción de eco-innovación depende de la percepción que se tenga en la empresa de las cuestiones ambientales, que se plasma en una determinada estrategia ambiental y en una organización que integra en mayor o menor medida dichos aspectos⁶. Como sugieren Rip y Kemp (1998; p. 366), las continuidades y discontinuidades tecnológicas son consecuencia de las estrategias e interacciones de los actores, en lugar de estar dadas a priori. Entre estos actores se encuentran los gestores empresariales que tienen distintos intereses y motivaciones y que toman decisiones estratégicas que definen el futuro a largo plazo de la empresa⁷. La decisión de adoptar una tecnología está relacionada, por lo tanto, con las estrategias empresariales y las motivaciones y comportamientos de los gestores.

Detengámonos en esas estrategias, motivaciones y valores de la empresa partiendo de la base de que la adopción de eco-innovaciones no depende exclusivamente de los costes y beneficios de la adopción, sino también de cómo esos beneficios y costes sean percibidos por la organización. Es la cultura empresarial, los criterios de toma

de decisiones y la formación de los recursos humanos lo que influye en esa percepción. Las diferencias en la interpretación de las cuestiones ambientales vienen influidas por aspectos del contexto organizacional. Ejemplos de este hecho pueden ser la legitimación de dichas cuestiones como un aspecto integral de la identidad corporativa y el margen de discrecionalidad de los gestores para la resolución creativa de problemas en las relaciones entre el negocio y el entorno natural (Sharma, 2000). Son muchos los trabajos que han tratado de sintetizar la rica diversidad de estrategias adoptadas por las empresas con respecto a las cuestiones ambientales⁸, aunque el debate sobre la estrategia ambiental de la empresa se ha planteado tradicionalmente en términos de confrontación entre la estrategia defensiva y la proactiva⁹. Dichos análisis sugieren que las estrategias implantadas por las empresas con respecto al medio ambiente siguen un continuo entre los dos extremos mencionados. El cuadro n.º 2 sintetiza las posibles estrategias empresariales.

Por tanto, la adopción de una eco-innovación depende, en gran medida, de la percepción de las cuestiones ambientales por parte de la empresa, que se plasma en su estrategia ambiental (inactiva, seguidora, reactiva, proactiva e hiperactiva). Las presiones al cambio que recibe la empresa del exterior son internalizadas y afrontadas por distintas empresas de forma diferente, en función de cuál sea su estrategia empresarial en relación a las cuestiones ambientales. Las empresas responden a las presiones ambientales como parte integral de

⁶ Obviamente, la estrategia empresarial, las relaciones de red y la competencia empresarial son variables interrelacionadas. Como afirman Van Dijken *et al.* (1999; p. 47) «las competencias empresariales y las relaciones de red definen el conjunto de opciones estratégicas. La orientación estratégica de una empresa influye en el tipo de competencia y relaciones externas de red desarrolladas».

⁷ Según la idea de coevolución, en lugar de simplemente reaccionar a las señales de precios procedentes del entorno, los gestores tratan de modificar el entorno en el que actúan a través del cambio tecnológico (Grübler, 1998; p. 107).

⁸ Entre otros merecen citarse los trabajos y contribuciones incluidas en Welford y Starkey (1996), Faucheux *et al.* (1998) y en Fischer y Schot (1993).

⁹ Véase, por ejemplo, Aragon-Correa y Rubio-Lopez (2007).

Cuadro n.º 2
Tipos de estrategia ambiental

Estrategia ambiental	Actitud ambiental	Comentarios
Hiperactiva	«Definimos la agenda»	Esta estrategia se basa en la consideración de que proteger el medio ambiente constituye una necesidad para la empresa, pues genera nuevas oportunidades y da lugar a ventajas competitivas. La diferencia con una estrategia proactiva es que, mientras que en aquella se trata de aprovechar las oportunidades de negocio que el medio ambiente ofrece, en la hiperactiva las empresas van más allá, influyendo en la regulación ambiental en su beneficio.
Proactiva	«Vamos por delante»	Algunas empresas consideran los problemas ambientales como una responsabilidad propia, algo que no pueden ignorar porque amenaza su propia existencia a largo plazo o bien porque el desafío ambiental constituye una oportunidad de negocio que debe ser aprovechada. Las empresas que adoptan una estrategia de este estilo tratan de anticiparse a las nuevas regulaciones y de adoptar tecnologías ambientales que supongan ir más allá de lo que la regulación ambiental exige.
Reactiva	«Obedecemos la ley»	Suelen percibir las cuestiones ambientales como costes adicionales que deben minimizarse y no como oportunidades de negocio. Reaccionan sólo ante la presión procedente de las autoridades públicas o de otros actores sociales (clientes, por ejemplo). Algunos autores distinguen varios tipos de estrategias defensivas por parte de las empresas: desde aquellas empresas que, simplemente, no informan sobre la contaminación que generan o que se niegan a reducir dicha contaminación a aquellas que deciden bloquear las regulaciones ambientales.
Seguidora	«Nos adaptamos a la nueva situación»	Una empresa seguidora es aquella que ni introduce innovaciones ni lucha para cambiar las regulaciones ambientales. Sólo lleva a cabo actuaciones ambientales cuando se lo exige la regulación. Evitar sanciones, asegurarse mercados futuros, lograr una cierta legitimidad social o evitar una pérdida de competitividad pueden ser las razones fundamentales que lleven a adoptar esta actitud.
Inactiva	«No tenemos problemas»	Algunas empresas no actúan cuando surgen nuevos desafíos de tipo ambiental. Niegan que existan problemas de contaminación en su empresa y consideran que las medidas que toman (normalmente de tipo incremental) son suficientes para solucionar el problema de contaminación generada por sus procesos productivos.

Fuente: Elaboración propia a partir de Lindegaard y Remmen (1998) y Faucheux *et al.* (1998).

Cuadro n.º 3

Ejemplos empíricos de la literatura de gestión ambiental empresarial

Khanna <i>et al.</i> (2006)	Khanna <i>et al.</i> (2006) analizan los factores que influyen en el cambio tecnológico ambiental en 500 empresas británicas entre 1994 y 1996, utilizando un modelo de panel y otro probit. Muestran que los cambios organizativos en la empresa pueden provocar la adopción de tecnologías ambientales. La difusión de la información da lugar a presiones positivas aunque débiles para que las empresas más «sucias» lleven a cabo actividades de prevención de la contaminación.
Gunningham y Sinclair (1997)	Los autores analizan las barreras a la adopción de tecnologías más limpias en varios sectores industriales en Australia. Las principales barreras son: falta de información y <i>expertise</i> , especialmente entre pequeñas empresas; resistencia al cambio cultural por parte de los gestores empresariales; competencia entre prioridades del negocio (presión de obtención de beneficios a corto plazo) y elevado coste de la nueva tecnología más limpia. Principales determinantes: regulación, capacidad de intercambiar información a través del <i>networking</i> y partenariados público-privados, acceso a <i>expertise</i> externo y buenas relaciones con la comunidad.

Fuente: Elaboración propia.

su gestión estratégica tomando decisiones, por ejemplo, sobre la adopción de tecnologías ambientales.

En conclusión, entre los obstáculos más importantes para la adopción de eco-innovaciones, relacionados con la gestión y organización de la empresa, encontramos la falta de compromiso de los gestores empresariales (Ashford, 1993; p. 295), concretamente de la alta dirección, y cierta reticencia a iniciar el cambio en la empresa¹⁰.

¹⁰ A su vez, esa falta de compromiso puede deberse a varias razones: 1) Falta de información sobre la rentabilidad de esas tecnologías. 2) Falta de confianza en el rendimiento de esas tecnologías. 3) Falta de capacidad y capital para tratar con los costes de transacción derivados de la reorganización del proceso productivo, los programas de formación y la demanda de los consumidores.

Con respecto a la literatura empírica, estos estudios ponen el foco de atención en los factores internos (organizativos, de estrategia y competencia tecnológica) que influyen en el desarrollo o adopción de tecnologías ambientales (cuadro n.º 3).

En otras ocasiones, la variable analizada (variable dependiente) es «el rendimiento ambiental» en la empresa (medidos por los niveles de emisiones o el gasto ambiental, por ejemplo), como ocurre en Doonan *et al.* (2005).

La literatura sobre competencia tecnológica interna

La respuesta de las empresas a las presiones e incentivos procedentes del entorno (regulación, oportunidades de reducción de

costes, presión de otros actores) depende de sus capacidades internas tanto para percibir como para responder a esos estímulos. En particular, y a efectos de lo que nos ocupa, la empresa debe tener una mínima competencia tecnológica interna para desarrollar o adoptar eco-innovaciones. Esto lo han puesto de manifiesto autores que pertenecen a corrientes teóricas diferentes, incluida la economía evolutiva, que es objeto principal de la siguiente sección, pero cuyas perspectivas con respecto al tema de la competencia tecnológica son relevantes en esta subsección.

Concretamente, el uso de nuevos bienes de equipo requiere la existencia de competencias clave en la empresa (Teece y Pisano, 1994) y de procesos de aprendizaje interactivo (Freeman, 1994). La empresa debe estar bien informada sobre las oportunidades tecnológicas existentes en el mercado y sobre la posibilidad de aplicarlas en la empresa. Es necesario por lo tanto, un gran esfuerzo tecnológico para estar al día y adoptar tecnologías creadas fuera de la empresa.

La competencia tecnológica está distribuida de forma desigual entre las empresas, en función de aspectos organizativos de las mismas (y de lo que algunos autores denominan «cultura empresarial») (Carlsson y Jacobsson, 1993). Esto conduce a que la cantidad de alternativas tecnológicas a disposición de la empresa dependa de su competencia acumulada (Pavitt, 1991; p. 41). Aunque la empresa puede complementar los conocimientos internos con flujos de información y conocimientos externos, la capacidad para aprovechar estos flujos y de activar y utilizar las redes a las que nos hemos referido en un apartado anterior depende de que la empresa tenga habilidades y competencias específicas, es

decir, de que tenga una mínima competencia tecnológica interna.

La posibilidad de adoptar una tecnología y los costes de dicha adopción dependen del nivel tecnológico alcanzado por una empresa es decir, de su capacidad de absorción. Como afirma Foray (1993; p. 14) «los costes de adopción no son un atributo (un parámetro) del conocimiento, sino una función del esfuerzo investigador llevado a cabo por la empresa». Concretamente la capacidad de utilizar conocimiento libremente disponible y de adoptar innovaciones desarrolladas por otros depende, entre otras cosas, de que la empresa haya invertido en I+D (Nelson y Winter, 1977; Cohen y Levinthal, 1989; Lundvall, 1992). La inversión realizada en I+D de una empresa permite a ésta mejorar la capacidad de anticipar, seguir y asimilar desarrollos tecnológicos futuros (Rip y Kemp, 1998; p. 348), aplicar conocimiento general y codificable procedente de fuentes externas y responder a problemas surgidos dentro de la empresa (Foray, 1993; p. 14). La imbricación en redes informacionales exige que la empresa haya realizado un esfuerzo previo de inversión en I+D (Rosenberg, 1990; p. 71)¹¹.

Especialmente relevante para la eco-innovación es la existencia de *expertise* interno que influya en la toma de decisiones ambientales. La mayor o menor probabili-

¹¹ Como afirma Foray (1993; p. 15) «la posesión por parte de la empresa de capacidades de investigación internas es algo irremplazable. La investigación interna y externa no son perfectamente sustituibles entre sí. Por lo tanto deberíamos prestar atención a los aspectos de complementariedad». Dentro de esa complementariedad resulta fundamental prestar atención al grado de formación de los recursos humanos de la empresa, que es uno de los determinantes más relevantes de la capacidad de absorción de la misma, como defienden y demuestran (a escala de países), Carlsson y Jacobsson (1993).

dad de existencia de ese *expertise* parece ser función del tamaño empresarial. Las grandes empresas suelen tener profesionales muy cualificados para tratar las cuestiones ambientales y departamentos de I+D capaces de desarrollar soluciones tecnológicas para resolver problemas específicos o de adaptar alternativas tecnológicas desarrolladas fuera de la empresa a las particularidades de ésta¹². Las pequeñas empresas tienen una menor capacidad en este sentido. Cuanto más radical sea el cambio potencial en las eco-innovaciones utilizadas por la empresa, mayor será el grado de competencia tecnológica de la empresa necesario para la adopción.

2.3. El enfoque evolutivo

La perspectiva evolutiva ofrece un marco útil para conceptualizar la innovación, analizar sus barreras y determinantes y proponer políticas relevantes (véase, por ejemplo, Dosi *et al.*, 1988; Metcalfe, 1995; Arthur, 1994). Este enfoque percibe el proceso de cambio tecnológico como un proceso dependiente de la senda tomada (*path-dependency*), que es el resultado de la interacción entre factores de oferta y demanda y los grupos y fuerzas sociales. Más recientemente, las ideas económicas evolutivas se han combinado con conceptos socio-técnicos para analizar las transiciones

tecnológicas (Geels, 2002) y, en particular, la transición a sistemas tecnológicos más sostenibles (Könnola *et al.*, 2008).

Esta perspectiva teórica parte de la idea de incertidumbre (Nelson y Winter, 1977)¹³. El tratamiento de esa incertidumbre provoca que las empresas innoven a lo largo de trayectorias conocidas y familiares. Las empresas no saben qué tecnología tendrá éxito e incluso pueden existir diferencias de opinión en la empresa sobre cursos de acción alternativos. Por ello se estima que su comportamiento no debe considerarse maximizador sino «satisficiente» en el sentido de Simon (1957). En su lugar, las empresas siguen y aplican rutinas de búsqueda, que establecen direcciones de búsqueda y guían las trayectorias tecnológicas. Estas rutinas dan lugar a nuevos conocimientos y nuevos artefactos o «variaciones», dependientes de la senda tomada, que pueden o no tener éxito en el entorno de selección (es decir, pueden o no ser seleccionadas). Este último concepto incluye el mercado pero también otras instituciones (Nelson y Winter, 1977; Rip y Kemp, 1998).

Para este enfoque la tecnología engloba un conjunto de artefactos, prácticas y conocimientos que coevolucionan entre sí a lo largo del tiempo. Los sistemas tecnológicos están formados por tecnologías físicas (componentes, sistemas, infraestructuras e instituciones) en forma de patrones y normas sociales, rutinas, regulaciones, estándares y mecanismos e incentivos económicos. Por ello, el enfoque evolutivo es útil para analizar las dimensiones sociales

¹² Sin embargo, Clayton *et al.* (1999; p. 250) consideran que en las grandes empresas la especialización funcional impide que los flujos de información circulen ágilmente entre todos los departamentos de la empresa. Se atribuye la resolución de problemas particulares a individuos determinados. Por el contrario, las pequeñas empresas tienen una menor división del trabajo y *expertise*, y una mayor confianza en fuentes de *expertise* externo. Por ello, potencialmente, las pymes podrían estar más abiertas a nuevos enfoques ambientales, incluyendo la adopción de tecnologías limpias.

¹³ «Las analogías mecanicistas que implican un equilibrio móvil en el que los actores siempre se comportan como si supieran lo que están haciendo son inadecuadas» (Nelson 1995; p. 68).

y no técnicas de la eco-innovación. En una perspectiva sistémica de la innovación se presta atención al «sistema de instituciones interconectadas que crean, almacenan

y transfieren el conocimiento, las habilidades técnicas y los artefactos que definen a las nuevas tecnologías» (Metcalf, 1995; p. 38).

Cuadro n.º 4

Ejemplos ilustrativos de la literatura de economía evolutiva

Van Dijken <i>et al.</i> (1999)	En este trabajo se analiza, con la ayuda de estudios de caso, el grado de adopción de tecnologías ambientales en varios países europeos en cuatro sectores. Las relaciones entre el usuario y el productor y el cliente y el productor son los principales factores determinantes de la adopción de tecnologías limpias.
Clayton <i>et al.</i> (1999)	Utilizando estudios de casos, estos autores comparan la adopción de tecnologías limpias de 9 sectores en cuatro regiones europeas. Los principales factores determinantes de la adopción fueron: la regulación, el tipo de instrumento y la forma en que se aplica, la presión de los consumidores y la sociedad civil, costes/dinámica competitiva de las empresas/sectores y factores organizacionales (procedimientos de toma de decisiones, división del trabajo y flujos de información dentro de la empresa y con otros actores).
Mazzanti y Zoboli (2006)	Análisis del impacto de la regulación europea sobre los vehículos que llegan al final de su vida útil (ELV) en base a un estudio de caso (entrevistas a 43 agentes). La eficiencia dinámica de los instrumentos económicos para promover ELV depende de dónde se introduzca el instrumento en la cadena de valor.
Del Río (2005)	Análisis de los factores determinantes de la adopción de tecnologías ambientales en la industria papelera en 1996-2001 basado en un estudio de caso con una muestra de 44 empresas. La adopción de distintos tipos de tecnologías ambientales depende de la interacción entre tres tipos de factores (condiciones internas y externas a la empresa y características de las tecnologías).
Carrillo <i>et al.</i> (2009)	Análisis de siete eco-innovaciones en diferentes sectores utilizando estudios de casos. Los resultados confirman la diversidad de las eco-innovaciones que debe tenerse en cuenta en la gestión privada y en las políticas públicas de apoyo a la eco-innovación.
Carrillo (2006)	Este trabajo pretende contribuir a entender la dinámica del proceso de cambio tecnológico ambiental utilizando un modelo basado en agentes y conceptos de inteligencia artificial distribuida (DAI) derivados del método general de la simulación social. Los resultados muestran que es recomendable aplicar políticas orientadas expresamente al proceso de cambio tecnológico ambiental de forma complementaria a las políticas ambientales.

Fuente: Elaboración propia.

Una de las principales aportaciones de la economía evolutiva es la distinción entre distintos grados de radicalidad de las innovaciones. Según la visión de Schumpeter, las innovaciones radicales generan grandes cambios, mientras que las innovaciones incrementales avanzan continuamente en el proceso de cambio. Könnölä *et al.* (2006) definen los cambios continuistas como modificaciones que mejoran incrementalmente las competencias existentes y preservan los sistemas existentes, sosteniendo las redes de valor en los que las tecnologías tienen sus raíces. Por el contrario, los cambios discontinuos radicales destruyen competencias y buscan la sustitución de los componentes existentes y la creación de nuevas redes de valor. No obstante, la distinción entre ambos cambios puede ser complicada en la práctica.

Estos (estudios) análisis permiten identificar una serie de preguntas relevantes en los estudios empíricos de la eco-innovación: ¿qué actores están implicados en la eco-innovación? ¿Cuáles son los intereses, capacidades y recursos de esos actores? ¿Cómo se relaciona la tecnología con el contexto en el que se aplica? ¿Cuáles son los factores de inercia que impiden el desarrollo o difusión de eco-innovaciones, especialmente de las radicales, y el bloqueo en tecnologías menos limpias? Como sugiere el enfoque de economía evolutiva, es probable que las barreras a la eco-innovación radical sean de distinto tipo, se produzcan a diferentes niveles y sean sistémicas, en contraste con las barreras a las eco-innovaciones incrementales, en las que factores específicos e individuales pueden jugar un papel predominante. Estas barreras dan lugar a fuertes inercias, que

provocan que las sociedades se encuentren «encerradas» (*lock-in*) en determinadas trayectorias tecnológicas más contaminantes.

La mayoría de estudios empíricos realizados bajo este enfoque han utilizado el método de los estudios de casos, aunque existen algunas excepciones. No obstante, es importante mencionar que existe cierta escasez de estudios micro de la eco-innovación que utilizan el enfoque evolutivo.

3. ¿QUÉ POLÍTICAS SE DERIVAN DE ESOS ENFOQUES?

3.1. El enfoque convencional

Este enfoque presupone una respuesta más o menos inmediata de los procesos de innovación a los cambios en los precios relativos. La justificación de la intervención pública para promover la eco-innovación reside en la internalización de externalidades ambientales. Esta justificación resulta de la consideración de que los problemas ambientales son, básicamente, una consecuencia del fallo de internalización de los costes ambientales (externalidades) en los precios. Por tanto, la prácticamente única política propuesta por este enfoque es la internalización de externalidades, preferiblemente a través de un instrumento de mercado (impuestos o permisos de emisión) que de lugar a (provoque) un incremento en los costes para las tecnologías convencionales. Se presupone que esto dará lugar a una inmediata sustitución de innovaciones convencionales más contaminantes por eco-innovaciones.

3.2. ¿Qué políticas se derivan de la literatura sobre gestión ambiental empresarial y competencia tecnológica interna?

Esta literatura nos aporta dos puntos de vista principales sobre el impacto de la política medioambiental en la estrategia de las empresas y su rendimiento económico:

1. La visión «tradicional» del intercambio (*trade-off*) que existe entre el resultado medioambiental y la competitividad¹⁴. Según esta visión, el objetivo de las regulaciones medioambientales es maximizar el bienestar social y hacer que las empresas contaminantes se hagan responsables de los costes producidos por las externalidades negativas que generan, y de este modo corregir los fallos del mercado. Como consecuencia, las políticas medioambientales pueden tener un impacto negativo sobre la competitividad si estas políticas implican costes adicionales para las empresas.
2. La visión «revisionista» adopta un punto de vista más dinámico sobre la relación entre la sostenibilidad y la competitividad, y otorga un papel central al cambio tecnológico y a la innovación. Un mejor rendimiento ambiental puede reducir los costes de producción y aumentar la competitividad mediante la eficiencia, la productividad y las nuevas oportunidades de negocio¹⁵. Según la denominada Hipótesis de Porter (Porter y Van der Linde 1995), una regulación

ambiental rigurosa podría incentivar a las empresas contaminantes a buscar innovaciones con el objeto de reducir los costes de cumplimiento de las normas y los costes de producción, mejorando así la competitividad de la empresa. Esto establecería una relación positiva entre el medio ambiente y el rendimiento económico. Además, las empresas podrían obtener «ventajas de ser pioneras» con la venta de la propia innovación y con la creación de nuevos mercados o nuevos segmentos de mercado (Shrivastava, 1995). De esta forma, se argumenta que unas políticas medioambientales diseñadas adecuadamente pueden ayudar a las empresas a identificar sus fallos de eficiencia y a descubrir fuentes de ventaja comparativa, promoviendo la innovación (Jaffe *et al.*, 1995)¹⁶.

En cuanto a cuáles podrían ser esas políticas medioambientales más apropiadas, las literaturas sobre gestión ambiental y competencia tecnológica sugieren que para fomentar el desarrollo y adopción de eco-innovaciones por parte de las empresas se deben mejorar las condiciones internas de la empresa. En particular, esto implica incidir sobre la inclusión de las cuestiones ambientales en la estrategia empresarial, inducir cambios en la organización y mejorar la capacidad de absorción de la empresa. Es decir, se trata de incidir en los factores internos que suponen una barrera para el desarrollo o adopción de tecnologías ambientales.

¹⁴ Véase, por ejemplo, Palmer *et al.* (1995) y Walley y Whitehead (1994).

¹⁵ Véase, por ejemplo: Porter y Van der Linde, C. (1995a), Porter y Van der Linde (1995b), Shrivastava (1995).

¹⁶ La perspectiva de la empresa basada en los recursos llega a conclusiones similares y aporta una base sólida para defender la hipótesis de que un mejor rendimiento ambiental puede mejorar el rendimiento económico (véase Hart, 1995).

Influir desde la política en el conocimiento y las actitudes de los gestores hacia el cambio tecnológico ambiental y las cuestiones ambientales es esencial para la eco-innovación. Un argumento adicional para la intervención gubernamental podría basarse en la ya mencionada hipótesis de Porter: la política pública puede generar la presión necesaria que motive a las empresas a innovar, tanto induciendo la búsqueda de esas oportunidades de reducción de costes como informándolas sobre posibles ineficiencias y áreas potenciales de mejora tecnológica.¹⁷

Desde el punto de vista empresarial, la política medioambiental obliga a la dirección a revisar sus funciones y su papel corporativo como parte de la sociedad. La desafía a renovar sus relaciones con otras partes interesadas y sobre todo con el gobierno. Esto puede resultar especialmente importante para la búsqueda de soluciones

ambientales, que a menudo requieren cambios a nivel de sistema y un compromiso activo por parte de gobiernos y empresas con el fin de analizar conjuntamente nuevas formas de hacer las cosas.

No obstante, resulta complicado reorientar la estrategia de la empresa a favor de una mayor proactividad ambiental con un factor externo como es la política pública aunque varios instrumentos pueden contribuir en esta dirección. Algunos tienen un efecto directo: subvencionar auditorías ambientales, facilitar la implantación de sistemas de gestión ambiental (SGA) (cuadro n.º 5) o subvencionar cursos de formación ambiental para los gestores empresariales. Otros tienen un efecto indirecto: políticas ambientales en forma de regulaciones o instrumentos económicos, regímenes jurídicos de responsabilidad objetiva que obliguen a las empresas a reparar el daño ambiental con independencia de su nivel de culpabilidad y obligación de informar a la sociedad sobre los daños ambientales generados (*information disclosure schemes*), entre otros.

Con respecto a la competencia tecnológica, pueden utilizarse varios instrumentos que mejoren la capacidad de la empresa para desarrollar o adoptar eco-innovaciones: apoyo a las inversiones en investigación, desarrollo y demostración, subvenciones a la formación y entrenamiento en las nuevas tecnologías, programas de asistencia tecnológica y fomento de la implicación de las empresas en redes (con otras empresas y otros actores relevantes del sistema de innovación).

Esta dimensión de competencia tecnológica está relacionada con la gestión ambiental de la empresa. Una estrategia ambiental proactiva y una cultura organizativa que conceda un lugar preeminente a la

¹⁷ Para Porter y van der Linde (1995a) existen seis razones por las que son necesarias políticas públicas que inciten a la innovación ambiental: 1) Para crear presiones que motiven a las empresas a innovar (las presiones externas son un factor importante para mitigar la inercia organizacional) 2) Para mejorar la calidad ambiental en los casos en que la innovación y las mejoras subsiguientes en la productividad de los recursos no compensen el coste del cumplimiento, o en los casos en los que se tarda tiempo en que los efectos de aprendizaje reduzcan los costes totales de las soluciones innovadoras. 3) Para educar e informar a las empresas sobre posibles ineficiencias de recursos y probables áreas de mejora. 4) Para aumentar la posibilidad de que las innovaciones de producto y de proceso sean menos contaminantes. 5) Para crear demanda de mejoras ambientales hasta que las empresas y los clientes sean más capaces de percibir y medir las ineficiencias de recursos derivadas de la contaminación. 6) Para igualar el «campo de juego» durante el periodo de transición a soluciones innovadoras ambientales, evitando que una empresa gane cuota de mercado por no llevar a cabo inversiones ambientales. La regulación suministra un estímulo para las empresas innovadoras hasta que las nuevas tecnologías estén probadas y los efectos de aprendizaje reduzcan los costes de la tecnología (Eder y Sotoudeh, 2000; p. 27).

Cuadro n.º 5

El papel de los sistemas de gestión mediambiental en el fomento de la eco-innovación

La innovación en la política medioambiental incluye todas las nuevas soluciones institucionales aplicadas para resolver los conflictos sobre los recursos medioambientales. Las cuestiones medioambientales van ganando espacio en la práctica de las empresas gracias, sobre todo, a la adopción de sistemas de gestión medioambiental (SGA). Wagner (2007) interpreta la existencia de la certificación SGA como un signo de la competencia interna de la empresa. No obstante, existe cierta controversia sobre el papel de los SGA en la eco-innovación, especialmente la de tipo radical. La literatura empírica no aporta una conclusión definitiva sobre esto. Mientras que algunos autores identifican un efecto positivo de la implantación de los SGAs sobre la adopción de tecnologías limpias (véase Rennings *et al.*, 2006), otros observan que su contribución no está clara (véase Ziegler, 2005) o no existe (Fronzel *et al.*, 2005) o es incluso perjudicial (Johnstone y Labonne, 2006).

Como observan Könnola y Unruh (2007), las empresas más afectadas tienden a centrarse en las actividades de explotación tratando de optimizar los sistemas de producción existentes. Esto puede conducir a mejoras en el resultado medioambiental. Sin embargo, también puede desviar los esfuerzos de la dirección de las actividades de exploración, que son las que podrían conducir a nuevos y mejores modelos de negocio y de producción. Los SGA pueden exagerar esta tendencia, al centrarse en las innovaciones medioambientales dirigidas a reducir la contaminación, dejando de lado nuevos enfoques medioambientales superiores.

Los responsables gubernamentales de las políticas ambientales deben ser ambidextros. Además de proporcionar incentivos para la aplicación de los SGA, las políticas deben incitar al cambio y a la creación de coaliciones competitivas mediante el apoyo al desarrollo de sus distintas arquitecturas, configuraciones, características y estándares. Además, es posible que la exploración de nuevas oportunidades para eco-innovar conduzca a redes de colaboración con otras industrias, gobiernos y universidades (como ocurre en el caso de las Plataformas Tecnológicas Europeas).

Fuente: Elaboración propia.

protección ambiental en la empresa tendrá efectos positivos en el desarrollo y adopción de eco-innovaciones.

3.3. Los enfoques evolutivos

La perspectiva evolutiva aporta una serie de razones adicionales a las meramente correctoras de los fallos de mercado para la intervención pública en la eco-innovación y tiene puntos de conexión con la litera-

tura de gestión ambiental y, sobre todo, de competencia tecnológica interna.

Desde un punto de vista teórico, los esfuerzos del gobierno para influir en la dirección del progreso tecnológico pueden justificarse en base a la teoría de la dependencia de la senda (*path dependency*), que sugiere que las tecnologías de producción actuales constituyen sólo uno de los posibles caminos tecnológicos que se podrían haber tomado pero que, una vez tomado

uno, no resulta fácil cambiar a otros caminos (otras tecnologías). Por ello, el gobierno debe tratar de influir en el proceso de progreso tecnológico reorientando las fuerzas de mercado hacia la eco-innovación.

En este sentido, una razón para justificar una política tecnológica que estimule la eco-innovación reside en el hecho de que, en un contexto de inercia tecnológica (o *lock-in*), los costes de cambio (*switching costs*) a una tecnología menos contaminante pueden ser tan elevados que sea necesaria la intervención pública para mitigar esa barrera. La tecnología existente se ha beneficiado de efectos de aprendizaje y de escala y de la adaptación del entorno socioeconómico e institucional al régimen dominante. El bloqueo tecnológico (*lock-in*) implica que, una vez que se opta por una determinada senda tecnológica, las barreras al cambio pueden ser prohibitivas. La situación aunque es problemática sí hubiera sido interesante, desde el punto de vista social, adoptar un diferente patrón tecnológico (Jaffe *et al.*, 2000)¹⁸. Una rápida y amplia difusión será especialmente deseable si los beneficios sociales marginales de utilizar la nueva tecnología son función creciente de su grado de difusión, como ocurre con muchas tecnologías de red (Soete y Arundel, 1993).

Por lo tanto, aunque la salida de una situación de *lock-in* es difícil, la política pública puede tratar de contrarrestar las ventajas acumuladas por las tecnologías existentes como consecuencia de los rendimientos

crecientes de la adopción (RCA)¹⁹ a través de dos políticas complementarias, una ya mencionada y más tradicional de internalización de los costes ambientales. La segunda, más novedosa, consiste en la creación de un espacio protegido durante un periodo de tiempo limitado para que las nuevas tecnologías más limpias puedan beneficiarse de los RCA, como lo ha hecho la tecnología existente. La regulación podría crear un nicho de mercado lo suficientemente grande como para hacer posible ciertos procesos de autorreforzamiento²⁰. A esta estrategia de política pública se la conoce como *Gestión Estratégica de Nichos* (GEN) (véase más abajo).

Las implicaciones de política pública que se derivan de estos enfoques suelen ser más matizadas y complejas y contienen sugerencias sobre las condiciones marco, sobre instrumentos determinados y sobre los elementos de diseño de esos instrumentos (Del Río, 2002; Carrillo *et al.*, 2009) (cuadro n.º 6).

Por otro lado, existen varios instrumentos para promover la eco-innovación (cuadro n.º 7). Los defensores del enfoque sistémico evolutivo suelen proponer combinaciones de instrumentos y, en particular, de los que pertenecen a las categorías de política ambiental y tecnológica. Esta combinación es necesaria para atacar las diversas barreras que existen a la eco-innovación (tres grupos), pues ninguna de ellas es probable que sea condición suficiente para impedir su adopción o desarrollo. Cuanto más compleja, sistémica y radical sea la tecno-

¹⁸ El *lock-in* hace surgir la cuestión de si las intervenciones de política (tales como subvenciones tecnológicas directas, o financiación pública de programas de investigación, desarrollo, demostración y provisión) son capaces de evitarlo, guiando los caminos tecnológicos en direcciones superiores desde el punto de vista social a las que el libre mercado hubiese seleccionado (Jaffe *et al.*, 2000; p. 41).

¹⁹ Economías de escala, efectos de aprendizaje y externalidades de red.

²⁰ Dicha intervención pública es especialmente importante para estimular las nuevas tecnologías. Como observa De Bresson (1991), las políticas e inversiones públicas han sido históricamente esenciales en las primeras fases de un nuevo sistema tecnológico.

Cuadro n.º 6

Elementos de una política para el fomento de la eco-innovación

- Reconocer la existencia de numerosas barreras al cambio tecnológico medioambiental.
- Combinar los diferentes enfoques de política (mezcla de instrumentos).
- Hacer compatibles la eficiencia estática y la dinámica.
- Reconocer las limitaciones de las políticas públicas como impulsores.
- Abarcar todas las fases del proceso de eco-innovación.
- Adaptar las medidas políticas al nivel de madurez de las eco-innovaciones
- Aplicar simultáneamente medidas de empuje de oferta y de tirón de demanda
- Combinar las medidas generales de fomento de la innovación con otras específicas para la eco-innovación.
- Priorizar las medidas que están en la parte superior de la escala de eco-innovación.
- Evitar el bloqueo en tecnologías subóptimas.
- Mantener la diversidad y flexibilidad de las posibles trayectorias tecnológicas alternativas.
- Estudiar cual es el ritmo de aplicación apropiado de las políticas.
- Combinar el enfoque específico para el sector con medidas multisectoriales.
- Priorizar las eco-innovaciones *win-win*.
- Concentrarse en los elementos de diseño.
- Una regulación estricta es crucial para las eco-innovaciones radicales...
- ... pero dentro de periodos de cumplimiento a largo plazo...
- ... que reduzcan la incertidumbre de los inversores en eco-innovaciones.
- El estilo de regulación es una variable relevante.
- Promover un enfoque cooperativo y participativo entre los distintos agentes.
- Combinar el palo y la zanahoria.
- Adoptar una perspectiva multimedia, de la cadena de suministros y del ciclo de vida.

Fuente: Carrillo *et al.* (2009).

logía, más probable es que existan diferentes obstáculos y que estos se encuentren interrelacionados.

Dos enfoques evolutivos con una orientación claramente aplicada a sugerir políticas públicas eficaces para el fomento de la eco-innovación son particularmente interesantes en este contexto: la gestión estratégica de nichos (GEN) y el enfoque de la gestión de las transiciones (*transition management*).

La GEN se define como «la creación, desarrollo y eliminación controlada de espacios protegidos para el desarrollo y utili-

zación de tecnologías prometedoras a través de la experimentación, con el objetivo de: 1) conocer los aspectos positivos de la nueva tecnología y 2) estimular el desarrollo y aplicación de la nueva tecnología» (Kemp *et al.*, 1998b; p. 178)²¹.

²¹ Nicho en este sentido puede definirse como «el dominio específico de aplicación de una tecnología en el que productores, usuarios y el gobierno desarrollan una nueva tecnología» (Weber y Hoogma, 1997; p. 8). Los nichos resultan importantes para el desarrollo futuro de la tecnología, pues la demostración de la viabilidad de la tecnología en un nicho permite atraer inversiones y obtener el apoyo de otras empresas (Rip y Kemp, 1998).

Cuadro n.º 7

Instrumentos para el fomento de la eco-innovación

Instrumentos de política medioambiental	<ul style="list-style-type: none"> — Instrumentos CAC (estándares tecnológicos, normas de cumplimiento). — Instrumentos de mercado (impuestos, mercados de derechos de emisión, subvenciones, planes de pago por devolución de residuos). — Otros (SGA, eco-etiquetas, análisis de ciclo de vida y responsabilidad del productor por el producto, acuerdos voluntarios, difusión de la información).
Instrumentos de política tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> — Fondos gubernamentales para I+D+i. — Programas de ayuda tecnológica. — Formación en las nuevas tecnologías. — Creación de un nicho estratégico. — Estudios de anticipación tecnológica. — Premios al buen comportamiento medioambiental. — Ayudas a la innovación. — Creación de una red de actores implicados en el cambio tecnológico medioambiental (establecimiento de contactos).
Otros instrumentos	<ul style="list-style-type: none"> — Provisión pública. — Instrumentos orientados a las pymes. — Establecer una visión a largo plazo.

Fuente: Carrillo *et al.* (2009).

Sintetizando, la creación de un nicho tecnológico implica 5 etapas (Kemp *et al.*, 1998a): 1. La elección de una tecnología (que esté fuera del régimen existente y alivie un problema social). 2. Seleccionar el experimento (es decir, seleccionar un espacio protegido en el que la tecnología pueda utilizarse a costes relativamente bajos y generar el menor trastorno posible). 3. El establecimiento del experimento (tratando de equilibrar la protección y la presión selectiva). 4. Aumentar la escala del experimento (a través del apoyo público). 5. La eliminación de la protección cuando el apoyo ya no es necesario o deseable, cuando los resultados son decepcionantes, para introducir compe-

tencia (presión selectiva) o para reducir los beneficios inesperados (*windfall profits*).

La idea central de la GEN consiste, por lo tanto, en establecer mercados piloto temporales protegidos utilizando para ello subvenciones u otras medidas de regulación buscando encontrar un equilibrio entre presión selectiva y protección²². Se impulsa así la difusión de la tecnología en un

²² La GEN lograría reconciliar los objetivos opuestos (mencionados por OCDE, 1992; p. 50) de un marco de política pública que suministre estímulos a la actividad innovadora (restringiendo el uso de la innovación) y, a la vez, facilite un uso máximo del producto (que mantenga su precio bajo y facilite la adopción).

mercado especializado y sólo en él, permitiendo que se beneficie de la reducción de costes derivada de una creciente escala de producción y de la mejora en su calidad por los efectos de aprendizaje.

El nicho suministra la experiencia necesaria para el aprendizaje por el uso y por la práctica, pues la experiencia de los usuarios en la utilización del producto retroalimenta a los productores y permite a estos disponer de información sobre las necesidades de los usuarios, encaminando la mejora técnica del producto. Pero, aparte de suministrar los medios financieros necesarios y de conseguir la reducción de costes unitarios, el nicho de mercado supone un importante efecto de inducción a la participación de varios agentes en el desarrollo de la nueva tecnología, como consecuencia de la reducción de la incertidumbre asociada a ésta. Se puede lograr así una estrecha colaboración entre los diferentes actores implicados en el proceso de desarrollo tecnológico (por ejemplo, empresas, usuarios, poderes públicos...). Además, el nicho realiza una importante función de suministro de información al decisor público, que así conoce mejor los costes económicos, la viabilidad técnica y la aceptación social de la nueva tecnología (Kemp, 1997). También los consumidores, al familiarizarse con la nueva tecnología, están cada vez más dispuestos a renunciar a lo que parecían ser características «necesarias» de la tecnología dominante (Cowan y Hulten, 1996).

Otro enfoque evolutivo con una orientación aplicada a sugerir políticas públicas eficaces para fomentar la eco-innovación es el de la gestión de la transición. Siguiendo a Kemp y Nill (2009; p. 672), el enfoque de la gestión de la transición es un modelo para fomentar aquellas transiciones sostenibles que requieren innovaciones sistémicas en la producción y el consumo (Rotmans *et al.*, 2001).

La filosofía básica es la de la «modulación orientada a objetivos» (Kemp y Nill, 2009). Esto supone la utilización de desarrollos en curso para lograr objetivos sociales y, en definitiva, una transición socialmente deseable. Se exploran trayectorias de transición simultáneamente para evitar el bloqueo en una determinada trayectoria. Se establece un mecanismo de auto-corrección basado en el aprendizaje social y de políticas. Los elementos clave de este enfoque (Rotmans *et al.*, 2001; Kemp y Nill, 2009) son:

- Perspectiva a largo plazo (25 años) como marco para la acción a corto plazo.
- Consideración de múltiples ámbitos de actuación (por ejemplo, energía, transporte y residuos).
- Papel fundamental concedido al aprendizaje.

En la práctica, la gestión de la transición suministra un apoyo a las innovaciones sistémicas que ofrecen beneficios de sostenibilidad. Se reúne a aquellos actores interesados en las eco-innovaciones sistémicas, y se les junta con expertos y miembros del gobierno y de la sociedad civil. En cada línea de transición se discuten entre ellos ideas para la innovación sistémica, lo que da lugar a la selección de trayectorias de transición, que pueden entonces recibir el apoyo público. Aunque al principio se fomenta la diversidad de trayectorias, existe competencia entre estas últimas cuando el dinero público finalmente se dirige al apoyo de un pequeño grupo de opciones.

4. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES SELECCIONADAS

El objetivo de esta sección consiste en aportar una serie de experiencias interna-

cionales que ilustran cómo algunos de los enfoques anteriores se han llevado a la práctica para promover la eco-innovación. El cuadro n.º 8 clasifica las políticas asociándolas a un enfoque determinado.

4.1. Plataformas de Transición Energética en Holanda (2010-2050)

Esta iniciativa apoya el cambio hacia un sistema energético sostenible a nivel nacional con un horizonte temporal de 2050. La transición ocurre a lo largo de tres amplias trayectorias: 1) el uso de fuentes de

energía renovables; 2) el ahorro energético; y 3) fuentes energéticas fósiles más limpias y uso de tecnologías avanzadas. El enfoque de transición se aplicó inicialmente a tres ámbitos temáticos: gas, eficiencia industrial y biomasa. Tanto el gobierno como los actores sociales y las empresas comenzaron a realizar proyectos en dichas áreas y desarrollaron visiones comunes, diseñaron trayectorias de transición e iniciaron experimentos para comenzar con esas trayectorias. Posteriormente emergieron 23 trayectorias adicionales que se agruparon en siete grandes temas, que actualmente constituyen

Cuadro n.º 8
**Clasificación de algunas políticas seleccionadas
según los enfoques considerados**

Política	Enfoque
El programa japonés Top-Runner	Políticas ambientales del enfoque convencional
La reforma fiscal ecológica (RFE) en los países nórdicos	Políticas ambientales del enfoque convencional
La «ecotasa» francesa a las emisiones de CO ₂	Políticas ambientales del enfoque convencional
Plataformas de Transición Energética en Holanda (2010-2050)	Claramente vinculado con <i>transition management</i>
El Plan de Acción de Provisión Pública Sostenible del Reino Unido	Gestión estratégica de nichos
Subvención para estimular la innovación, la sostenibilidad y las asociaciones de colaboración en los Estados Unidos	Enfoque de <i>networking</i> , útil para mejorar la competencia tecnológica
Centros de Excelencia Estratégicos: una nueva herramienta para el sistema de innovación finlandés	Mejorar la competencia tecnológica

Fuente: Elaboración propia.

siete direcciones de la política energética a largo plazo de Holanda.

Cada tema tiene su propia «plataforma de transición», cuya tarea es desarrollar una visión (2020/2050) para su tema, y formular una trayectoria de transición que permita su realización con el objetivo de crear un potencial innovador en Holanda. Las actuales Plataformas para la Transición son: movilidad sostenible, materias primas verdes, eficiencia en la cadena de producción, nuevo gas, suministro eléctrico sostenible, energía en el medio ambiente construido, invernadero como fuente energética.

Cada plataforma está formada por participantes en el mercado, organizaciones científicas y civiles así como el Gobierno. Como tal, constituyen marcos público-privados para la cooperación que se centran en lograr un suministro energético sostenible. Aparte de la definición de trayectorias, el gobierno también ha apoyado la realización de experimentos en esas trayectorias. Para recibir el apoyo público, el experimento debe encajar en una de las trayectorias oficiales de transición energética del gobierno holandés, estar dirigida por un actor de mercado y reducir emisiones de gases de efecto invernadero (Nill y Kemp, 2009). El gobierno intenta implicar a inversores privados e institucionales en el proceso. La idea es que el proceso está guiado por el mercado. Los aspectos de sostenibilidad son considerados en la elección de trayectorias y experimentos. La protección concedida a los experimentos de transición fue relativamente débil: el Gobierno financió hasta el 40% de los costes adicionales de los citados experimentos (el resto lo aportan los actores de mercado).

4.2. El Plan de Acción de Provisión Pública Sostenible del Reino Unido (2006)

El objetivo de este plan es que el Reino Unido esté entre los líderes de la UE en provisión pública sostenible en 2009, para lograr un sector público menos intensivo en carbono y más eficiente en el uso de los recursos. El plan apoya moverse hacia:

1. Edificios y otras infraestructuras del gobierno central construidos y gestionados de manera sostenible.
2. Servicios públicos bajos en carbono y residuos y eficientes en el consumo de agua y que respeten la biodiversidad. Para lograr estos objetivos, se adoptarán prácticas de provisión pública en colaboración con los distintos eslabones de la cadena de valor, para suministrar las eco-innovaciones necesarias. En los departamentos gubernamentales, el foco de atención será incrementar el nivel de profesionalidad en la provisión pública, incrementando el estatus y los estándares de dicha provisión.

Para las empresas que suministren productos y servicios al gobierno, este plan de acción implica que:

- Todos los departamentos gubernamentales buscarán soluciones que ayuden a sus suministradores a cumplir con sus objetivos de operaciones sostenibles y de eficiencia y con los estándares del gobierno sobre productos.
- Los departamentos gubernamentales y la Oficina de Comercio Gubernamental (OGC) buscarán soluciones innovadoras y enfoques para la pro-

visión pública, incluyendo una implicación temprana con los agentes de mercado y el uso de especificaciones basadas en el resultado.

4.3. **Centros de Excelencia Estratégicos: una nueva herramienta para el sistema de innovación finlandés**²³

La explicación del progreso del sistema de innovación finlandés en la última década está relacionada con las inversiones públicas y privadas en I+D, el rápido crecimiento de las industrias de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), un sistema educativo muy avanzado y ventajas relativas a su característica de pequeño país, tales como la existencia de redes informales muy estrechas entre la industria, la comunidad investigadora y las administraciones públicas. Las asociaciones de colaboración público-privada son importantes desde la perspectiva de la transición hacia la sostenibilidad. Entre las iniciativas nacionales recientes para responder al cambio climático y a futuros desafíos para la innovación están los Centros Finlandeses Estratégicos para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (SHOK). Los SHOKs son un nuevo instrumento de financiación implantado por la Agencia Finlandesa de Financiación de la Tecnología y la Innovación (TEKES). Están basados en asociaciones de colaboración público-privadas de todos los actores del sistema finlandés de innovación y son gestionados con criterios empresariales. Uno de los SHOKs es el Centro Estratégico para

la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en energía. Además de ir dirigido a procesos de energía limpia y a mitigar las emisiones de CO₂, la estrategia energética de esta SHOK consiste en contribuir a las innovaciones energéticas en los mercados globales en los campos de energías renovables y ahorro energético.

4.4. **Subvención para estimular la innovación, la sostenibilidad y las asociaciones de colaboración en los Estados Unidos**²⁴

En julio de 2009, el Departamento de Transporte (DOT) de los EEUU publicó las directrices para asignar 1,5 miles de millones de dólares en subvenciones para el transporte en superficie en febrero de 2010. Entre los criterios de selección figuraban la sostenibilidad ambiental, la innovación y las asociaciones público-privadas. DOT ha incluido la sostenibilidad (mejora en la eficiencia energética, menores gases de efecto invernadero y menor dependencia del petróleo extranjero) como uno de los cinco criterios que considerará para evaluar los resultados de un proyecto a largo plazo. La DOT solicita proyectos que usen tecnologías innovadoras, así como proyectos que impliquen asociaciones con entidades no federales y el uso de fondos no federales.

4.5. **El programa japonés 'Top-Runner'**

El programa *Top-Runner* se introdujo en Japón en 1999 para mejorar la eficiencia energética de la maquinaria y los

²³ Más información: <http://www.nordicenergy.net/download.cfm?file=1188-C44E503833B64E9F27197A484F4257C0>.

²⁴ Más información: <http://www.profitpt.com/Supply-Chain-Journal/2009/07/improving-your-odds-of-winning-stimulus.html>.

equipos en los sectores residencial y comercial y en el transporte. Se establecen estándares para 21 productos consumidores de energía. El más eficiente energéticamente (o *top-runner*), constituye el *benchmark* o estándar de eficiencia energética para el resto de productos. Este estándar es de obligatorio cumplimiento para los productores nacionales y los importadores en un determinado año para el que se establece el objetivo. Según Jänicke (2008), el cumplimiento de los estándares ha sido en general muy positivo. Algunos productos han logrado alcanzar el estándar antes del año objetivo (es el caso de los aparatos de aire acondicionado, coches, ordenadores y vídeos). Los productores confirman que estos productos se están vendiendo bien, y que su competitividad ha mejorado. Se espera que, en el futuro, se incluyan categorías adicionales pues, actualmente, muchos productos están exentos de este sistema, debido a la falta de un objetivo y de métodos cuantitativos que permitan medir su eficiencia en el consumo de energía.

4.6. La reforma fiscal ecológica (RFE) en algunos países europeos²⁵

Los cambios observados en los sistemas fiscales de un conjunto de países del norte de Europa desde los años noventa se interpretan como un ejemplo incipiente de este enfoque de fiscalidad²⁶. Las pri-

meras RFE fueron las de Suecia (1991), Noruega (1992), Dinamarca (1994), Holanda (1995) y Finlandia (1997). Todas parten de una filosofía común y aplican básicamente el mismo conjunto de soluciones. Esta primera generación de RFE incluye un grupo de impuestos ambientales potentes (sobre las emisiones de CO₂ o, en todo caso, muy relacionados con el sector energético) que forman el núcleo de la reforma, compensando las reducciones aplicadas sobre los tipos impositivos sobre la renta (en menor medida sobre la imposición societaria o las cotizaciones sociales). Estos impuestos son generalmente simples y se tiende a una reducción del número de figuras, produciéndose una incorporación simultánea de consideraciones ambientales a la imposición energética tradicional.

Una segunda generación de RFE, aplicada desde comienzos de siglo en Alemania, Austria o Reino Unido, prefiere concentrarse en reducir las cotizaciones sociales pagadas por los empleadores, en ocasiones limitadas a determinados segmentos del mercado laboral. También se opta en muchos casos por diseñar paquetes distributivos compensatorios sobre los grupos o sectores afectados.

A pesar de que las conclusiones de los numerosos trabajos de evaluación de estas nuevas políticas fiscales en asuntos de doble dividendo no son unánimes, parece haber consenso en que la introducción de impuestos ambientales en sustitución de otros impuestos distorsionantes es deseable en términos de eficiencia social. La evidencia empírica disponible confirma la posibilidad de que los efectos de una RFE puedan ser positivos en el empleo, algo especialmente claro cuando se reducen cotizaciones sociales.

²⁵ Este apartado está basado en Labandeira *et al.* (2007) y Riera *et al.* (2005).

²⁶ La filosofía de la reforma fiscal ecológica (RFE) es relativamente simple: Se trata de gravar una actividad nociva para el bienestar social (la contaminación), utilizando la recaudación para financiar una actividad beneficiosa desde el punto de vista social: la creación de empleo. Este apoyo se concreta reduciendo impuestos u otras cargas sobre el factor trabajo y, en particular, las cotizaciones sociales.

4.7. **La ecotasa francesa a las emisiones de CO₂**

La reciente propuesta de ecotasa en Francia preveía que, en el año 2010 los franceses pagarían 17 euros por cada tonelada de CO₂, 4,5 céntimos por litro de gasoil y cuatro céntimos por litro de gasolina. Los 9.000 millones de euros que recaudaría el Estado se devolverían a través de rebajas fiscales o de cheques verdes, incluido un bonus de 5.000 euros para aquéllos que comprasen un vehículo eléctrico.

En realidad, más que una ecotasa esta iniciativa constituye un sistema bonus-malus, es decir, una combinación de ecotasa y subvención que es fiscalmente neutra. A los más contaminantes (es decir, por encima de un nivel medio de contaminación) se les hace pagar, tanto más cuanto más se alejan de dicho nivel medio, y con la recaudación se subvenciona a los más limpios. Este mecanismo es una versión aún más «verde» de la reforma fiscal ecológica (véase más arriba), pues lo recaudado se destina a protección ambiental, y es en ese sentido más sostenible ambientalmente, aunque no es necesariamente mejor desde el punto de vista económico y social.

5. **CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN**

Los enfoques analíticos mencionados en este trabajo no son incompatibles entre sí y pueden y deben combinarse. La economía evolutiva aporta un marco teórico que podría integrar esas perspectivas, capturando mejor la complejidad del proceso de

cambio tecnológico ambiental y dando lugar a una mejor y más completa interpretación de sus determinantes. Este marco básico podría completarse con las contribuciones de otros enfoques. Por ejemplo, la literatura de organización podría aportar una mejor representación de los factores internos a la empresa que son necesarios para que el proceso de cambio tecnológico ambiental tenga lugar, mientras que la economía ambiental estándar puede contribuir con sus aportaciones sobre el análisis de los instrumentos de política ambiental (del Río, 2009).

Sin embargo, sigue siendo necesario un marco analítico que integre coherentemente las diferentes perspectivas teóricas. En el ámbito de la definición de políticas de eco-innovación tal integración resulta particularmente necesaria, pues los diferentes enfoques son útiles al poner el énfasis en diferentes barreras y, por lo tanto, apuntan a diferentes tipos de políticas que pueden ser útiles para eliminar esas barreras.

Una importante limitación de la literatura de eco-innovación es que los impactos de la interacción entre reguladores y empresas sobre la eco-innovación no han sido suficientemente explorados (Del Río, 2009). Deben dedicarse más investigaciones a analizar las implicaciones del proceso de toma de decisiones sobre la elección de instrumentos que afectan a la eco-innovación, utilizando para ello distintas perspectivas (ciencia política, economía política, estudios de evaluación de políticas...) e integrar estos enfoques y disciplinas con el enfoque sistémico-evolutivo del cambio tecnológico. Resulta tan importante abrir la caja negra de las políticas públicas como lo es abrir la caja negra de la tecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, S., NEWELL, A. (2003): «Information programs for technology adoption: the case of energy-efficiency audits», *Resource and Energy Economics*, 26(1): 27-50.
- ARAGON-CORREA, J.A. y RUBIO-LOPEZ, E.A. (2007): «Proactive Corporate Environmental Strategies: Myths and Misunderstandings.» *Long Range Planning*, 40(3): 357-381.
- ARTHUR, W.B. (1994). *Increasing returns and path dependence in the economy*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- ASHFORD (1993): «Understanding Technological Responses of Industrial Firms to Environmental Problems: Implications for Government Policy». En Fisher, K. y Schot, J. (eds.) (1993). *Environmental Strategies for Industry*. Island Press. Washington, pp. 277-307.
- BRUNNERMEIER, S., COHEN, M. (2003): «Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries». *JEEM*, 45: 278-293.
- CABEZUDO, S., DEL RÍO, P. y CADENAS, A. (2000): «Las fuerzas del cambio empresarial en medio ambiente». *Ekonomi Gerizan*, 7, 155-174.
- CARLSSON, B. y JACOBSSON, S. (1993): «Technological system and economic performance: the diffusion of factory automation in Sweden». En Foray, D. y Freeman, C. (eds.). *Technology and the Wealth of Nations*. Londres: Pinter Publishers, 77-92.
- CARRILLO-HERMOSILLA, J. (2006): «A policy approach to the environmental impacts of technological lock-in», *Ecological Economics* 58(4): 717-742.
- , DEL RÍO, P., KÖNNÖLÄ, T. (2009): *Eco-innovation: When sustainability and competitiveness shake hands*. Hampshire: Palgrave Macmillan.
- CLAYTON, A., SPINARDI, G. y WILLIAMS, R. (1999): *Policies for Cleaner Technology. A New Agenda for Government and Industry*. Londres: Earthscan.
- COHEN, W.M. y LEVINTHAL, D. (1989): «Innovation and Learning: The two faces of I&D». *The Economic Journal* 99: 569-596.
- COWAN, R. y HULTEN, S. (1996b): «Escaping lock-in: The Case of the Electric Vehicle». *Technological Forecasting and Social Change* 53: 61-79.
- DE BRESSON (1991). «Technological innovation and long wave theory: two pieces of the puzzle». *Journal of Evolutionary Economics*, 1(4): 241-272.
- DEL RÍO, P. (2002): *Industria, cambio tecnológico y desarrollo sustentable: patrones de adopción y difusión de tecnologías limpias en la industria del papel en España*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Unpublished PhD thesis.
- (2005), «Analysing the factors influencing clean technology adoption: A study of the Spanish pulp and paper industry», *Business Strategy and the Environment*, 14: 20-37.
- (2007). «An overview of the empirical literature on the determinants of innovation and adoption of sustainable technologies». En R. López (editors). *Progress in Sustainable Development Research*. Nova Science Publishers. New York, 37-71.
- (2009). «The empirical analysis of the determinants for environmental technological change: a research agenda». *Ecological Economics* 68 (3): 861-878.
- DOONAN, J., LANOIE, P. y LAPLANTE, B. (2005): «Determinants of environmental performance in the Canadian pulp and paper industry: an assessment from inside the industry». *Ecol. Econ.*, 55(1): 73-84.
- DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R., SILVERBERG, G., SOETE, L. (eds.) (1988): *Technical change and economic theory*. Londres: Pinter.
- DOWNING, P. y WHITE, L. (1986): «Innovation in pollution control», *Journal of Environmental Economics and Management*, 13: 18-29.
- EDER, P. y SOTOUDEH, M. (2000): *Innovation and Cleaner Technologies as a key to sustainable development: the case of the chemical industry*. EUR-19055-EN. IPTS. Sevilla.
- FAUCHEUX, S.; GOWDY, J. and NICOLAÏ, I. (eds.) (1998): *Sustainability and Firms: Technological Change and the Changing Regulatory Environment*. Cheltenham (UK): Edward Elgar.
- FISCHER, K. y SCHOT, J. (eds.) (1993): *Environmental Strategies for Industry*. Washington: Island Press.
- FORAY, D. (1993): «General introduction». En Foray, D. y Freeman, C. (eds.). *Technology and the Wealth of Nations*. Londres: Pinter Publishers, 1-22.
- FREEMAN, C. (1994): «The economics of technical change». *Cambridge Journal of Economics* 18: 463-514.
- FRONDEL, M., HORBACH, J., RENNINGS, K. (2005): *What triggers environmental management and innovation? Empirical evidence from Germany*.

- European Congress of Environmental and Resource Economics, Bremen.
- GEELS, F.W. (2002): «Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multilevel perspective and a case study». *Research Policy*, 31(89): 1257-1274.
- GRÜBLER, A. (1998): *Technology and Global Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- GUNNINGHAM, N. y SINCLAIR, D. (1997): *Barriers and motivators to the adoption of cleaner production practices*. Australian Centre for Environmental Law. The Australian National University. Canberra.
- HART, S. (1995): «A natural-resource-based view of the firm». *Academy of Management Review*, 20(4): 986-1014.
- JAFFE, B., PETERSON, R., PORTNEY, R. y STAVINS, R. (1995): «Environmental Regulation and the Competitiveness of US Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us?», *Journal of Economic Literature* 33: 132-63.
- JAFFE, A. y PALMER, K. (1997): «Environmental regulation and innovation: A panel data study». *Rev. Econom. Statistics*, vol.LXXIX(4): 610-619.
- ; NEWELL, R. y STAVINS, R. (2000): *Technological Change and the Environment*. Resources for the Future Discussion Paper 00-47. Washington.
- JÄNICKE, M. (2008): The Top Runner Program in Japan: http://www.eccj.or.jp/top_runner/index_contents_e.html.
- JOHNSTONE, N., LABONNE, J. (2006): «Environmental policy, management and R&D». *OECD Economic Studies* 42(1): 169-203.
- JUNG, C.; KRUTILLA, K. y BOYD, R. (1996): «Incentives for advanced pollution abatement technology at the industry level: An evaluation of policy instruments». En *Journal of Environmental Economics and Management*, 30: 95-111.
- KEMP, R. (1997): *Environmental Policy and Technical Change: A comparison of the technological impact of policy instruments*. Cheltenham: Edward Elgar.
- KEMP, R.; RIF, A. y SCHOT, J. (1998a): *Constructing Transition Paths Through the Management of Niches*. Mimeo. Enschede: Universidad de Twente.
- (1998b): «Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management». *Technology Analysis & Strategic Management*, 10(2): 175-195.
- KERR, S. y NEWELL, R. (2001): «Policy-induced technological adoption: evidence from the US lead phasedown». *Journal of Industrial Economics* 51(3): 317-343.
- KHANNA, M., DELTAS, G. y HARRINGTON, D. (2006): *Adoption of Pollution Prevention Techniques: The Role of Management Systems, Demand-Side Factors and Complementary Assets*. Environmental and Resource Economists World Congress. Kyoto.
- KÖNNÖLÄ, T., CARRILLO-HERMOSILLA, J. y Van der Have, R. (2008): *System transition: Concepts and framework for analysing energy system research and governance*. Madrid: IE Business School Working Paper 08-31, 2008.
- , UNRUH, G.C. y CARRILLO-HERMOSILLA, J. (2006): «Prospective voluntary agreements for escaping techno-institutional lock-in», *Ecological Economics* 57(2): 239-252.
- y UNRUH, G.C. (2007): «Really changing the course: The limitations of environmental management systems for innovation», *Journal of Business Strategy and the Environment* 16(8): 525-537.
- LABANDEIRA, X., LEÓN, C. y VÁZQUEZ, M. (2007): *Economía Ambiental*. Madrid: Prentice Hall.
- LANJOUW, J., MODDY, O. (1996): «Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technology». *Research Policy*, 25: 549-571.
- LINDEGAARD, K. y REMMEN, A. (1998): «Innovation Systems and Institutional Change for Sustainability». Paper presented at the *Conference of the International Society for Ecological Economics*. Santiago de Chile. November 1998.
- LUNDVALL, B.A. (1992): *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Londres: Pinter.
- MAGAT, W. (1979): «The Effects of Environmental Regulation on Innovation». *Law and Contemporary Problems*, 43: 4-25.
- MAZZANTI, M., ZOBOLI, R. (2006): «Economic instruments and induced innovation: the European policies on end-of-life vehicles». *Ecol. Econ.*, 58(2): 318-337.
- MENDELSON, R. (1984): «Endogenous technical change and environmental regulation». *Journal of Environmental Economics and Management*, 11, 202-207.
- METCALFE, J.S. (1995): «The Economic Foundations of Technology Policy». En Stoneman, P. (ed.). *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Oxford: Blackwell, Oxford, 409-511.
- MILLIMAN, S. y PRINCE, R. (1989): «Firm incentives to promote technological change in pollution con-

- trol», *Journal of Environmental Economics and Management*, 17: 247-265.
- NELSON, R. (1995): «Recent Evolutionary Theorizing about Economic change». *Journal of Economic Literature*, Vol. XXXIII: 48-90.
- y WINTER, S. (1977): «In search of a useful theory of innovation». *Research Policy* (6): 36-76.
- NILL, J. y KEMP, R. (2009): «Evolutionary approaches for sustainable innovation policies: from niche to paradigm». *Research Policy* 38 (4): 668-680.
- OCDE (1992): *Technology Economy Programme*. París.
- (2009): *Sustainable manufacturing and eco-innovation. Framework, practices and measurement*. Synthesis report. París. Available at: www.oecd.org/sti/innovation/sustainablemanufacturing.
- PALMER, K.W., OATES, W.E. y PORTNEY, P.R. (1995): «Tightening environmental standards: The benefit-cost or the no-cost paradigm». *Journal of Economic Perspectives*, 9(4): 119-132.
- PAVITT, K. (1991): «Key characteristics of the large innovating firm». *British Journal of Management*, 2: 41-50.
- 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». *JEEM*, 51(1): 46-71.
- PORTER, M. y VAN DER LINDE, C. (1995a): «Green and Competitive: Ending the Stalemate», *Harvard Business Review*, september/october 1995: 120-134.
- (1995b), «Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship», *Journal of Economic Perspectives*, 9: 97-118.
- RENNINGS, K., ZIEGLER, A., ANKELE, K. y HOFFMANN, E. (2006): «The influence of different characteristics of the EU environmental management and auditing scheme on technical environmental innovation and economic performance». *Ecol. Econ.*, 57(1): 45-59.
- RIERA, P., GARCÍA, D., KRISTRÖM, B. y BRÄNNUND, R. (2005): *Manual de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales*. Madrid: Thomson.
- RIP, A. y KEMP, R. (1998): «Technological Change». En Rayner, S. y Malone, E. (1998). *Human Choice and Climate Change. An International Assessment*, vol. 2, Batelle Press, Washington D.C., 327-399.
- ROSENBERG, N. (1990): «Why do firms do basic research (with their own money)?», *Research Policy* 19(2): 168-174.
- ROTMANS, J., KEMP, R., VAN ASSELT, M. (2001): «More evolution than revolution: Transition management in public policy». *Foresight*, 3(1): 15-32.
- RUTTAN, V.W. (2000): «Technology, Resources and Environment». En Ruttan, V.W. (ed). *Technology, Growth and Environment: An Induced Innovation Perspective*. St Paul (Minnesota): University of Minnesota.
- SHARMA, S. (2000): «Managerial interpretations and organisational context as predictors of corporate choice of environmental strategy.» *Academy of Management Journal* 43(4): 681-697
- SHRIVASTAVA, P. (1995): «Ecocentric management for a risk society». *Academy of Management Review*, 20(1): 118-37.
- SIMON, H.A. (1957): *Models of man*. New York: John Wiley.
- SMOULDER, S. (1995), «Entropy, Environment and Endogenous Economic Growth», *International Tax and Public Finance* 2: 319-340.
- SOETE, L. y ARUNDEL, A. (1993): *An integrated approach to European innovation and technology diffusion policy. A Maastricht Memorandum*. Luxemburgo: European Commission.
- SOLOW, R. (1986): «On the intergenerational Allocation of Natural Resources», *Scandinavian Journal of Economics* 88: 141-149.
- TEECE, D.J., PISANO, G. (1994): «The dynamic capabilities of firms: An introduction». *Industrial and Corporate Change*, 3(3): 537-556.
- VAN DIJKEN, K. y diez autores más (1999): *Adoption of Environmental Innovations*. Dordrecht (Holanda): Kluwer Academic Publishers.
- WAGNER, M. (2008): «Empirical influence of environmental management on innovation: evidence from Europe», *Ecological Economics* (66) 2-3: 392-402.
- WALLEY, N. y WHITEHEAD, B. (1994): «It is not easy being green», *Harvard Business Review*, 72(3): 36-44.
- WEBER, M. y HOOGMA, R. (1997): «National styles of niche management». *Paper presented for the 4th International ASEAT Conference*. Manchester, septiembre 1997.
- WELFORD, R. y STARKEY, R. (eds.) (1996): *Business and the Environment*. Londres: Earthscan.
- ZIEGLER, A., 2005: «The Determinants of Environmental Innovations: A Comparison between Multinomial Logit and Probit Models». En: Scarpa, R. & Alberini, A. (eds.). *Applications of Simulation Methods in Environmental and Resource Economics*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 97-116.