

EKONOMIAZ

Eco-innovación. Más allá de los factores, la productividad de los recursos naturales

III · 2010



EKONOMIAZ

N.º 75 - 3.er CUATRIMESTRE - 2010

EUSKO JAURLARITZA

ECONOMÍA ETA OGASUN
SAILA



GOBIERNO VASCO

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA
Y HACIENDA

Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia

Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

Vitoria-Gasteiz, 2010

ERREDAKZIO KONTSEILUA

Alberto Alberdi Larizgoitia (Zuzendaria)
Economía eta Ogasun Saila. Eusko Jaurlaritza
Javier Gúrpide Ibarrola (Zuzendariordea)
Economía eta Ogasun Saila. Eusko Jaurlaritza

Alexander Boto Bastegieta
Ihobe

Jon Barrutia Güenaga
UPV-EHU

Sara de la Rica Goirizelaia
UPV-EHU

Josune Sáenz Martínez
Deustuko Unibertsitatea

Jesús Ferreiro Aparicio
UPV-EHU

Mikel Navarro Arancegui
Deustuko Unibertsitatea

ADMINISTRAZIOA ETA ERREDAKZIOA

Economía eta Ogasun Saila
Donostia-San Sebastián, z/g.
01010 Vitoria-Gasteiz
T.: 945/01 90 38. Administrazioa
945/01 90 36. Erredakzioa

<http://www1.euskadi.net/ekonomiaz>

URTEKO HARPIDETZA:

Particularrak: 18 €. Erakunde eta enpresak: 30 €.
Ale bakarren prezioa: 12 €.

EKONOMIAZ aldizkarian parte hartu nahi dutenek Eusko Jaurlaritza Ekonomía eta Ogasun Sailera igori beharko dituzte beren idazlanak.

Erredakzio Kontseiluak beretzungo gordetzen du jasotako artikuluak argitaratzeko eskubidea, aurrez ebaluatzalee anonimo baten edo batzuen iritzia ezagutuko duelarik. Idazlana argitaratzeak ez du, berez, edukiarekiko adostasunik adierazi nahi. Artikuluaren erantzukizuna egilearena izango da eta ez beste inorena.

Artikuluak aurkezteko arauen laburpena honako web orri honetan dago: <http://www1.euskadi.net/ekonomiaz>

EKONOMIAZ aldizkariko artikuluak indexatuak dira ondoko datutegietan: CSICeko ISOC eta American Economic Association elkarreko *Journal of Economic Literature*-k argitaratzen dituen JEL CD formatoan, e-JEL eta EconLit, LATINDEX eta DIALNET alerta-sarean.

EKONOMIAZek, hau da, Euskal Autonomia Erkidegoko Administrazioak, EKONOMIAZ aldizkarian argitaratuko diren artikuluen jabetza eskubide guztiek dauzka, zeintzuk Creative Commons  lizenziaren arabera eratuko diren.

Argitaratzalea:
Edita:

Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia
Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco
Donostia-San Sebastián, 1 - 01010 Vitoria-Gasteiz

Fotokoposaketa:
Fotocomposición:

Ipar, S. Coop.
Zurbaran, 2-4 - 48007 Bilbao

Inprimatza:
Impresión:

Grafo, S.A.
Cervantes etorb., 51 - 48970 Basauri (Bizkaia)

Lege Gordailua:
Depósito Legal:

BI 2017-1985

ISSN:

0213-3865

CONSEJO DE REDACCIÓN

Alberto Alberdi Larizgoitia (Director)
Departamento de Economía y Hacienda. Gobierno Vasco
Javier Gúrpide Ibarrola (Subdirector)
Departamento de Economía y Hacienda. Gobierno Vasco

Alexander Boto Bastegieta
Ihobe

Jon Barrutia Güenaga
UPV-EHU

Sara de la Rica Goirizelaia
UPV-EHU

Josune Sáenz Martínez
Universidad de Deusto

Jesús Ferreiro Aparicio
UPV-EHU

Mikel Navarro Arancegui
Universidad de Deusto

REDACCIÓN Y ADMINISTRACIÓN

Departamento de Economía y Hacienda
c/ Donostia-San Sebastián, s/n.
01010 Vitoria-Gasteiz
T.: 945/01 90 38. Administración
945/01 90 36. Redacción

<http://www1.euskadi.net/ekonomiaz>

SUSCRIPCIÓN ANUAL

Particulares: 18 €. Instituciones y empresas: 30 €.
Precio de un ejemplar: 12 €.

Todas aquellas personas que deseen colaborar en EKONOMIAZ deberán enviar sus artículos al Departamento de Economía y Hacienda del Gobierno Vasco.

El Consejo de Redacción se reserva el derecho de publicar los artículos que reciba, previo sometimiento a un proceso de evaluación anónima doble. Su publicación no significa necesariamente el acuerdo con el contenido que será de responsabilidad exclusiva del autor.

Un resumen de las normas de presentación de los artículos se puede encontrar en la página web: <http://www1.euskadi.net/ekonomiaz>

Los artículos de EKONOMIAZ son indexados en las bases de datos ISOC del CSIC y JEL en CD, e-JEL y EconLit del *Journal of Economic Literature* de la American Economic Association, LATINDEX y en la red de alertas DIALNET.

EKONOMIAZ (la Administración General de la Comunidad Autónoma de Euskadi) es la titular de todos los derechos de propiedad intelectual de los artículos originales publicados en EKONOMIAZ que serán gestionados conforme a la licencia Creative Commons .

SUMARIO

ECO-INNOVACIÓN. MÁS ALLÁ DE LOS FACTORES, LA PRODUCTIVIDAD DE LOS RECURSOS NATURALES

Coordinadora:
Igone Ugalde

Presentación

7

¡Las tecnologías sostenibles no existen!

22

René Kemp

Regulación medioambiental, globalización e innovación: integración de las políticas industriales, medioambientales y comerciales

40

Nicholas A. Ashford

Innovaciones para un uso sostenible de los recursos: reflexiones y propuestas

70

Martin Jänicke

Enfoques y políticas de eco-innovación. Una visión crítica

84

Pablo del Río González
Javier Carrillo-Hermosilla
Totti Könnölä

Cuando la alta tecnología se encuentra con la baja tecnología: dinámicas de eco-innovación y estrategia corporativa en el sector de la construcción

112

Maj Munch Andersen

Innovaciones de sistema y gestión de la transición en Austria: el caso de los compuestos de madera y plástico y los biopolímeros

140

Matthias Weber
Klaus Kubeczko
Karl-Heinz Leitner

¿De la bestia a la bella? Política de industria ecológica en Renania del Norte-Westfalia

162

Philipp Schepelmann

Criterios 'Cradle to Cradle' para el entorno construido

182

Douglas Mulhall
Michael Braungart

La industria vasca en la era post-carbono: la transición hacia la competitividad sostenible

194

Ricardo Aguado Muñoz
Alberto Bonilla Etxebarria
Igone Ugalde Sánchez

Retos y oportunidades para la transición de la edificación hacia la sostenibilidad en la CAPV

222

Nagore Tellado Laraudogoitia
Amaia Uriarte Arrien
Igone Ugalde Sánchez
Eguzkiñe Saenz de Zaitegui Tejero
Ana Huidobro Rubio
Rakel García Alonso
Usue Lorenz Erice
Jon Leonardo Aurtenetxe
Javier Muniozguren Colindres
Héctor Morillas Loroño

PRESENTACIÓN

Si fenómenos tales como el Cambio Climático (CC) y la Escasez Energética (EE) han acentuado el papel clave de la innovación con respecto a la mejora medioambiental y de la sostenibilidad en general, la crisis de 2008 intensifica en mayor medida la urgencia que cobra este tema en nuestros días. Tras esta crisis se ha reforzado el cuestionamiento existente en relación a los modelos productivo y de desarrollo que han imperado en el último siglo, cuando menos, en Occidente. Tal como algunos autores de este número señalan ¿es sostenible nuestro actual sistema productivo fundamentado sobre la abundancia de recursos materiales baratos y una alta productividad de la mano de obra?.

De hecho en los últimos quince años la innovación para la sostenibilidad o también llamada eco-innovación¹ ha tomado una creciente relevancia como nuevo ámbito de análisis y de intervención política, tal como los distintos autores que participan en la edición de este número de EKONOMIAZ ponen de relieve. Un aspecto básico y de partida a la hora de in-

¹ En nuestro caso se identifican ambos términos de manera acorde con las distintas interpretaciones que hacen los autores de este número de EKONOMIAZ sobre este fenómeno. En todo caso, si han de diferenciarse estos dos términos conceptualmente, destacaríamos que la eco-innovación está más íntimamente relacionada con la competitividad de las empresas y que se refiere principalmente a innovaciones medioambientales orientadas a la mejora de la eficiencia de recursos y a la reducción del impacto medioambiental. La innovación para la sostenibilidad, en cambio, tiene que ver en mayor medida con cambios de carácter más estructural, a más largo plazo, y relativos al sistema en las dimensiones no sólo económico medioambientales sino también sociales.

tentar entender el fenómeno de la innovación para la sostenibilidad es que aunque está anclado en las teorías evolutivas de la innovación, su configuración proviene de la confluencia de estas con la perspectiva medioambiental.

La eco-innovación rompe con la idea de que las innovaciones medioambientales están unidas exclusivamente a las tecnologías «final de tubería» y son exclusivamente un bien público que no produce rendimientos claros para la empresa². Tal como queda de manifiesto a lo largo de este número la eco-innovación tiene un carácter transversal, por lo que es difícil asociarla a un sector productivo determinado³. Asimismo, este tipo de innovación sirve para la modernización tecno-productiva de sectores hasta ahora calificados de baja intensidad tecnológica, como ocurre con el relativo a la edificación, al confluir con áreas científico tecnológicas de alta intensidad tales como las nanos o con las tecnologías de la información enfocadas al medio ambiente.

La sostenibilidad, asimismo, hace que la eco-innovación se ancle en el concepto de sistema. De hecho la sostenibilidad de un producto, proceso o práctica depende de los efectos co-producidos por cadenas de prácticas. También depende de la coevolución de los ámbitos tecnológico, institucional, de mercado, cultural, de infraestructuras, patrones de conducta, formulación de políticas y de la misma política en general.

Además, el desarrollo sostenible está condicionado no sólo por la innovación de la empresa sino del sistema, con repercusiones tanto para el usuario final como para la sociedad en su conjunto. Muchos de los autores son concluyentes a este respecto. Si queremos que nuestras sociedades sobrevivan, necesitamos ir más allá de la ecologización de la industria. Necesitamos una «destrucción creativa» en términos schumpeterianos que permita la transformación a largo plazo de los sistemas de producción y consumo hacia la sostenibilidad. Hay quienes llegan a reclamar la eco-efectividad de los sistemas, o lo que es lo mismo maximizar los impactos beneficiosos de la acción humana sobre el medio ambiente, mimetizando así los mismos patrones de los ecosistemas.

Este número intenta también aclarar otra cuestión clave sobre este fenómeno que a su vez muchos lectores se preguntarán, ¿por qué se necesitan políticas distintivas de eco-innovación, como la mayor parte de los autores de este número reclaman? Podemos adelantar como respuesta que los cambios tecnológicos que se necesitan acometer en áreas

² Un estudio de Roland Berger realizado por encargo del Ministerio de Medio Ambiente alemán estimó que el tamaño del mercado mundial de la eco-innovación alcanzó 1.400 millones de euros en el 2007 y que rondarían los 3.100 billones de euros para el 2020.

³ Tal y como el Ministerio de Medio Ambiente alemán señala, la economía medioambiental abarca todas aquellas empresas que ofrecen bienes y servicios para evitar, reducir o eliminar las cargas medioambientales. Su oferta cubre los sectores más dispares, como la gestión de residuos y el reciclaje, la protección de las aguas y el tratamiento de aguas residuales, depuración de aire, reducción de ruidos, energías renovables, aprovechamiento racional de la energía, protección climática, así como técnica de medición, regulación y control. Algunos autores como René Kemp, asimismo, asignan la eco-innovación a las siguientes áreas: reducción de gases de efecto invernadero, uso de recursos, eficiencia energética, minimización de residuos, reutilización y reciclaje, nuevos materiales y eco-diseño.

estratégicas tales como la generación y acumulación energética, en movilidad o la misma gestión estratégica de recursos no se pueden abordar de la noche a la mañana y con instrumentos convencionales. Es importante investigar en la *black box* de las políticas y no sólo en la del cambio tecnológico. En este sentido, los países pioneros nos enseñan que el diseño inteligente de políticas es primordial para llegar no sólo a ser líderes del mercado en áreas tecnológicas estratégicas sino también para ganar cuotas de empleo y mejoras medioambientales sustanciales.

Las buenas experiencias en el ámbito de las políticas de eco-innovación demuestran que el buen hacer en este sentido no sólo tiene que ver con una creciente interacción entre áreas de intervención sino también con una combinación, a medida de las necesidades, de instrumentos reguladores de protección (léase normativas, estándares y reglamentos), incentivos de mercado (tales como eco-tasas, permisos de emisión, acuerdos voluntarios, entre otros) e innovación y aprendizaje (gestión estratégica de nicho o la compra pública, por ejemplo). A pesar de la eclosión de nuevos modelos de gobernanza también se da fe de la importancia del liderazgo que debe cumplir el sector público en este terreno.

9

En este número se reclama, asimismo, la importancia creciente que toma el escenario de la economía global para la sostenibilidad sin que ello vaya en detrimento de la generación de mesopolíticas establecidas a niveles administrativos intermedios, como ocurre con el espacio de los *landers* en Alemania y de las comunidades autónomas en España. El interés es doble si a ello sumamos regiones con una alta vulnerabilidad a la sostenibilidad producida por su fuerte impronta industrial. Tal como veremos en nuestro número, la transición de estas economías hacia la sostenibilidad queda muy lejos de las políticas de reconversión que ya sufrieron en años pasados. Experiencias como la de la modernización ecológica que Renania del Norte-Westfalia ha protagonizado desde los años de Willy Brandt hasta nuestros días pueden inspirar la transición iniciada también en el País Vasco.

Como colofón a esta presentación tenemos que decir que el número se estructura en tres apartados principales. El primero de carácter macro, aborda los conceptos y políticas relacionadas con la innovación para la sostenibilidad en general. En él se agrupan autores de la talla del doctor René Kemp (uno de los máximos representantes de la perspectiva holandesa de la gestión de la transición), así como otros de larga trayectoria en el ámbito de las políticas medioambiental tales como el profesor Ashford (del MIT) precursor de la actual «hipótesis de Porter» y el profesor Jänicke (Universidad Libre de Berlin), ícono de la perspectiva de la llamada modernización ecológica. Este bloque se completa con una aportación exhaustiva de las distintas tendencias de la innovación para sostenibilidad realizada por tres de los más destacados expertos nacionales en este temática como son Del Río, Carrillo-Hermosilla y Könnölä.

El segundo bloque de artículos agrupa distintos casos de estudio y una amalgama no menos interesante de autores. Aquí hay que destacar el papel de la doctora Andersen, que aunque en este número se centra en un caso concreto de análisis empírico de la eco-

innovación en relación a la cadena de valor de la ventana en Dinamarca, sobresale su interesante contribución al desarrollo del corpus doctrinal de la eco-innovación y de sus sistemas. El grupo de autores austriaco, con el doctor Matthias Weber a la cabeza, nos descubren sus capacidades en el ámbito de los escenarios y de la adaptación de la perspectiva de la gestión de la transición a la problemática de los sistemas productivos en base a recursos naturales. El doctor Scheppelman, del Instituto del Clima, Medio Ambiente y Energía de Wuppertal, demuestra por su parte su gran conocimiento en temas ya no sólo de política medioambiental sino también de desarrollo regional estudiando agudamente la evolución sufrida por Renania del Norte Westfalia hacia la sostenibilidad. Por último, este grupo de autores lo cierra Braungart y Mulhall, con un artículo de carácter más práctico, donde se vislumbra las bases del modelo «de la cuna a la cuna» (*Cradle to Cradle*) que les ha hecho famosos mediante su aplicación al entorno construido, entre otros aspectos.

El número lo cierran dos artículos dedicados al País Vasco que forman parte de los resultados alcanzados por el proyecto ETORTEK eCo-BERRI «Eco-innovación en Euskadi: políticas, tecnología y competitividad. En concreto se presentan unos resultados iniciales sobre el análisis de la transición hacia la sostenibilidad que está haciendo tanto su industria en general como el sector de la edificación en particular.

En el artículo de **René Kemp**, un tanto provocador, el autor nos introduce en una visión poco habitual, «reflexiva» de la innovación y del desarrollo sostenible. Nos invita a concebir la innovación desde una perspectiva amplia, como una recombinación de distintos tipos de conocimientos relacionados con la ciencia y la tecnología, la organización, las necesidades de los consumidores o las mismas instituciones, entre otros. A su vez, se hace hincapié en que el desarrollo sostenible no solo depende de la innovación de la empresa sino del sistema, que combina beneficios para el usuario y para la sociedad al mismo tiempo.

El artículo nos induce también a pensar que hay que precaverse de las etiquetas o calificativos precipitados que nos llevan a conclusiones demasiado simplistas y positivas sobre una tecnología, como puede ocurrir con el término de tecnología sostenible, que elude en la mayoría de los casos la verdadera complejidad de este fenómeno.

Tal como el autor nos quiere hacer comprender, los impactos (medioambientales y sociales) de los productos no son producidos por una tecnología en particular sino que son co-producidos por cadenas de prácticas. En otras palabras, el impacto medioambiental no es inherente a una tecnología sino que depende de muchos factores tales como su modo de producción, la intensidad de su uso y de lo que se esté haciendo en materia de gestión de residuos, entre otras cuestiones. Por lo tanto, la sostenibilidad de un producto, tecnología o práctica debe evaluarse sistémicamente, prestando especial atención al contexto interno y externo del mismo. También es importante prever las oportunidades de mejora y riesgos que comporta una tecnología no sólo a corto plazo en términos fundamentalmente económicos sino también a largo plazo y desde una perspectiva de sostenibilidad.

De esta forma el autor concibe la sostenibilidad como un objetivo de carácter progresivo y eminentemente normativo de difícil predicción, especialmente cuando lo que se persigue es la innovación de sistema. De ahí que las políticas para la innovación que persiguen el desarrollo sostenible deben ser de carácter complejo, sistémico y a largo plazo, combinando normalmente dos etapas de transición, una de mejora y otra de innovación de sistema. El autor respalda esta propuesta con distintas experiencias industriales y de políticas relacionadas con la energía y la movilidad.

El artículo también remarca la idea de que es difícil que las políticas de innovación y de sostenibilidad busquen la innovación de sistema porque además de implicar inversiones arriesgadas e importantes, necesitan afrontar conflictos entre los actores establecidos y emergentes, así como la reconfiguración de los límites sectoriales tradicionales e incluso los relacionados con las mismas políticas. En este sentido el autor subraya el papel de los experimentos estratégicos como instrumento de aprendizaje para la transición de los sistemas. La innovación transformadora para el desarrollo sostenible requiere un cambio de políticas bajo la expresión de gestión de la transición.

Nicholas A. Asford también centra su discurso en la influencia que ejerce la regulación medioambiental sobre la innovación medioambiental y el desarrollo sostenible en un contexto de economía globalizada. Fruto de este contexto la competencia y el comercio mundial pueden tomar dos vías diametralmente opuestas: una, centrada en la generación de tecnología más innovadora y competitiva y otra, cuyo fin principal es la reducción de costes sin tener en cuenta sus repercusiones en el medio ambiente, la salud o el empleo. También hay quien considera la globalización como una oportunidad para aumentar el número de medidas protectoras en el ámbito medioambiental y del trabajo, aun cuando hay quienes son menos optimistas sobre este respecto al calificar esta realidad como una «carrera hacia mínimos» y una tendencia creciente a comercializar las externalidades propias del medio ambiente.

Ashford es un defensor de la regulación medioambiental (esto es, aquella que afecta a la salud, seguridad y medio ambiente) como precursora de un desarrollo industrial sostenible. Coincidiendo con la hipótesis de Porter, Ashford defiende una visión moderna de los efectos que tiene la reglamentación en la economía, que actúa como factor inductor de la innovación (tecnológica, organizativa, institucional y social) y da lugar a una clara ventaja competitiva para las empresas que primero la apliquen. Estas empresas precursoras de la regulación medioambiental gozarán a su vez de ventajas en la curva de aprendizaje al actuar como pioneras en mercados tecnológicos líderes, mientras que las más relegadas lo harán de manera menos reflexiva y al final más costosa.

Sin embargo el autor también reclama ir más allá de la pura ecologización de la industria. Hace falta una «destrucción creativa», según la visión de Schumpeter para lograr un desarrollo sostenible, que realinee de manera radical a los actores económicos, las instituciones gubernamentales y la demanda social. En otras palabras en este artículo se defiende la necesidad de lograr mejoras de «Factor 10», en cuanto a uso energético y de materiales; re-

ducciones adecuadas en la exposición a sustancias tóxicas; múltiples oportunidades para obtener empleo estable y con un poder adquisitivo adecuado; y un nivel y distribución óptimos de bienestar económico. Todo ello requiere cambios sistémicos, multidimensionales y rupturistas.

Para lograr transformaciones hacia un sistema económico más sostenible, el papel del Estado sería el de permitir o facilitar el cambio, ofreciendo al mismo tiempo un liderazgo visionario para co-optimizar el desarrollo económico, el medio ambiente y el empleo. Esto implica, además de una estricta reglamentación en distintos ámbitos gubernamentales, que las distintas políticas se integren y refuercen mutuamente. La integración requiere: (1) abordar múltiples objetivos en la misma legislación, o al menos, aprobar un grupo de leyes complementarias de forma paralela; (2) planificar iniciativas reguladoras y programáticas con diferentes autoridades gubernamentales y (3) reflexionar sobre la monitorización y aplicación simultánea o por fases implicando a distintas autoridades y niveles de administraciones públicas. La globalización reclama que la integración debe darse no sólo a nivel local o nacional sino también internacional.

El artículo que desarrolla el profesor Martin Jänicke hace una definición de la eco-innovación o innovación sostenible de carácter más específico que los anteriores, ya que la acota al terreno del uso sostenible de recursos enfocado especialmente a la obtención de un crecimiento industrial a largo plazo. Aunque la necesidad del uso intensivo de recursos no es nueva —Japón y Alemania establecieron ya en los años 70 las primeras propuestas en este ámbito de los modelos de producción industrial ecológicos— la última crisis ha acentuado esta necesidad. Más allá de lo financiero, esta es una crisis del modelo productivo en serie y basado en el consumo de gran cantidad de materiales baratos. Según el autor se necesita un nuevo modelo sostenible de productividad que aumente la eficiencia de los recursos sin causar efectos destructivos en la mano de obra y en el medio ambiente.

Los flujos de materiales que van desde la minería a los residuos están asociados a flujos afines como el uso energético, transporte, agua y uso del suelo. Todo esto tiene impactos medioambientales que van desde las emisiones y residuos a la pérdida de especies y de funciones del ecosistema. De hecho sólo parte de estos impactos es abordada por las políticas de protección medioambiental. Se ha demostrado que una gestión de recursos ecológicamente eficiente puede tener efectos positivos en el empleo del conjunto de la industria, y no sólo, como cabría pensar, en aquella industria especializada en tecnologías medioambientales. Por el contrario la industria medioambiental orientada al control de la contaminación («final de tubería») aunque puede comportar innumerables innovaciones y mejoras medioambientales referidas a diversos contaminantes, no se demuestra efectiva para la reducción en el consumo de recursos. A ella hay que sumar los productores de tecnología eco-eficiente que implica una mejor gestión de recursos.

La actual crisis económica y la amenaza catastrófica del CC, ha acentuado la necesidad de aumentar el ritmo y alcance de la eco-innovación, por encima de innovaciones de carácter incremental y restringido a nichos de mercado. En este sentido el diseño de las políti-

cas es clave, y aunque cada eco-innovación puede requerir un tratamiento especial, el autor distingue unas pautas generales, tales como: el establecimiento de objetivos ambiciosos, ampliamente aceptados y fiables, junto con la combinación de políticas flexibles basadas en un enfoque de múltiple impulso. Este tipo de políticas incita a actuar en distintos puntos de intervención a lo largo de la cadena de suministro y de la gestión de recursos, ensalzando el papel de los diseñadores y productores de bienes finales como guardianes de los flujos de materiales.

El autor también propone promover una política de gestión ecológicamente eficiente de flujos de material, similar a la desarrollada en el campo del CC y la EE en Alemania donde se produce una aceleración del ciclo de innovación verde por efecto de la combinación de políticas. Asimismo se vislumbra un ámbito estratégico de actuación en la productividad de los materiales parangonable al rendimiento energético, especialmente para aquellos países con capacidad avanzada de innovación.

Al decidir el desarrollo y adopción de una tecnología medioambiental las empresas están influidas por distintos condicionantes relativos a factores internos (capacidades y características de la empresa) y externos (agentes, factores socio-económicos e institucionales) a la empresa, así como por las características (tecnoeconómicas) de la eco-innovación. En el artículo de Pablo del Río, Javier Carrillo y Totti Könnölä se presentan precisamente las principales corrientes teóricas que analizan las relaciones entre economía, tecnología y medio ambiente, centrándose en las que se demuestran particularmente relevantes para el análisis de las barreras y determinantes de la eco-innovación. Distinguen tres grandes enfoques: el convencional, la literatura sobre la gestión medioambiental empresarial y el enfoque sistémico/evolutivo.

El enfoque convencional se basa en una concepción lineal de la innovación y considera que los problemas ambientales son básicamente una consecuencia del fallo de internalización de los costes ambientales (externalidades) en los precios. La propuesta de este enfoque es la internalización de dichas externalidades mediante instrumentos de mercado (impuestos o permisos de emisión) que dé lugar a un incremento en los costes para las tecnologías convencionales.

La literatura sobre gestión ambiental empresarial suele identificar una serie de presiones o fuerzas externas a la empresa —relativas a la regulación, al mercado, financieras o derivadas de la sociedad civil— por las cuales la empresa incluye consideraciones medioambientales en su estrategia. Otros aspectos apuntados como influyentes en el desarrollo de la eco-innovación son la percepción de las cuestiones medioambientales o la competencia y conocimiento (*expertise*) tecnológicos existentes en el seno de la empresa. Los costes de adopción dependen directamente de las actividades de I+D desarrollados por la mismas. Este enfoque apoya las políticas medioambientales para el fomento de la eco-innovación orientadas a mejorar las condiciones internas de la empresa, mediante el empleo de distintos tipos de instrumentos como los regulatorios, los económicos, las subvenciones, las auditorías o la I+D+i, entre otros.

El enfoque evolutivo/sistémico por su parte, se basa en la concepción del cambio tecnológico como un proceso dependiente de la senda histórica emprendida (*path dependency*), resultante de la interacción entre factores de la oferta, demanda y de distintos grupos y fuerzas sociales. Este enfoque es útil para analizar no sólo las dimensiones técnicas de la eco-innovación, sino también las sociales, al tener también en cuenta, entre otros, los patrones y normas sociales o las rutinas y regulaciones. Desde esta perspectiva la intervención pública se justifica por los altos costes de implantar una tecnología menos contaminante y por la necesidad de mitigar las barreras existentes, principalmente derivadas del contexto de inercia tecnológica o también llamado efecto *lock-in* en el que frecuentemente la tecnología se ve atrapada. Esta perspectiva destaca dos actuaciones públicas complementarias: la gestión estratégica de nichos y la gestión de la transición, en la forma en que por ejemplo han sido llevadas a la práctica en los Países Bajos y Reino Unido.

Según los autores estos tres enfoques son compatibles entre sí, y pueden y deben combinarse, aunque desde su punto de vista sería la perspectiva de la economía evolutiva la que aporta el marco teórico con mayor capacidad de integración de los tres. Sería necesario un marco analítico que integre coherentemente las distintas perspectivas, al igual que las políticas que actúan sobre distintos tipos de barreras.

El artículo de Maj Munch Andersen resalta por su doble aportación teórico-empírica, consistente en la aplicación de un análisis de carácter evolutivo que permite una mejor comprensión de las dinámicas de «ecologización» de la industria, poco abordadas hasta el momento. El enfoque evolutivo se adapta mejor a este tipo de estudios ya que atiende a los elementos dinámicos del cambio tecnológico como son su ritmo y orientación, frente al carácter estático de la perspectiva neoclásica.

El artículo pretende contribuir de esta forma al debate con un análisis empírico denominado «capacidades evolutivas» centrado en las estrategias corporativas en eco-innovación y nanotecnología ecológica de las empresas de la edificación danesa, y en concreto de las pertenecientes a la cadena de valor de la ventana (industrias del vidrio y ventanas). Se trata de discernir el papel impulsor de la eco-innovación en la adopción de nanotecnología por parte de un sector tradicional como el de la construcción.

Se demuestra cómo la eco-innovación en general, y la eficiencia energética en particular es impulsora de la innovación en este sector, y ha supuesto un factor de desarrollo y adopción de nanoinnovaciones en la cadena de valor de la ventana. La eficiencia energética en los marcos de ventanas no ha sido tradicionalmente un *driver* importante de innovación entre los productores de ventanas daneses. Sin embargo, distintos factores como la creciente demanda ecológica, el programa sobre el clima y las medidas de políticas sistémicas más estrictas pero flexibles, han creado incentivos para innovaciones de productos ecológicos más radicales.

En un contexto de creciente búsqueda de nuevas oportunidades de beneficio medioambiental y un significativo avance del mercado de la construcción hacia una economía ecoló-

gica, las principales empresas estudiadas están transitando hacia el desarrollo de eco-innovaciones más radicales de carácter sistémico. Estas empresas están realizando cambios en su estrategia corporativa pasando de ser proveedores de ventanas a proveedores de edificios, intensificando su función de integradores del sistema. El papel principal de las grandes multinacionales en el desarrollo de tecnología se complementa con la acción de nuevas empresas danesas de reciente creación (*start-ups*). Asimismo, las industrias locales de tamaño medio caracterizadas por niveles bajos de intensidad tecnológica muestran una creciente capacidad de absorción de innovaciones provenientes de sectores de alta intensidad tecnológica, como es el caso de la nanotecnología, e incluso una capacidad proactiva para la eco-innovación en el campo de los marcos de la ventana.

A pesar de la baja aceptación general de la nanotecnología en el sector de la construcción, existe un elevado número de aplicaciones de nanotecnología en la cadena de ventanas danesa, y la mayoría son ecológicas, pero desgraciadamente son poco conocidas. Sin embargo, las principales eco-innovaciones no son nano, están relacionadas con nuevos materiales compuestos. Mientras que la aplicación de las primeras va en aumento y son consideradas como elementos de marketing, las segundas parecen perder peso y no forman parte de las estrategias de venta de los productos, en parte es debido a los debates aún inciertos surgidos en torno a los riesgos que implica este tipo de tecnologías. En todo caso las innovaciones de alta tecnología probablemente cobrarán más importancia en el futuro lo que también crea más oportunidades para la nanotecnología en la construcción ecológica.

El artículo de **Matthias Weber** centra su análisis en cómo estimular una transición del actual sistema de producción establecido en Austria hacia uno basado en recursos renovables, de manera que se llegue a generar un cambio en el régimen de producción en este país.

El autor además de caracterizar en términos generales el modelo relativo a la gestión de la transición, plantea ciertos límites del traspaso de su aplicación del contexto de la política holandesa de infraestructuras, a otros contextos, como es el de los sistemas de producción caracterizados por un alto grado de heterogeneidad. Si bien este tipo de aproximación es útil para la identificación de proyectos piloto y demostrativos que pueden servir de guías tecnológicas, no facilitan en todos los casos una visión global necesaria para alcanzar ulteriores fases de desarrollo y difusión en un proceso de cambio de régimen tecnológico a largo plazo.

En este sentido se reclama a la política un mayor énfasis en el ajuste simultáneo del marco socioeconómico e institucional que ayude a la estabilización y a la aplicación más extensa de los nichos tecnológicos. Para ello se plantea un método de carácter dinámico y evolutivo basado en la gestión de la transición y adaptado a las particularidades de las industrias de fabricación altamente diversificadas y heterogéneas: atiende a la denominación de *«transition field»*. Ésta precisamente busca identificar niveles de análisis intermedios que unan los campos de transición de definición amplia con tecnologías específicas. Esta op-

ción, por tanto, permite combinar los rasgos normativos descendentes que implica la generación de visiones abstractas de futuro con la investigación ascendente.

Los autores también presentan y ponen a prueba el marco de la gestión de la transición adaptado mediante el modelo de análisis llamado Transition Field ha contribuido a un cambio de régimen en Austria tanto la formulación de políticas como en la introducción de tecnologías de producción basada en recursos renovables. El estudio de caso se centra en el análisis de los compuestos de madera y plástico (CMP) y biopolímeros en Austria.

El artículo demuestra como el modelo *»transition field»* ha servido de herramienta de apoyo para la formulación de escenarios, la creación de comunidades de interés y la identificación de campos clave prometedores para futuras líneas de I+D+i. Tanto el análisis de *transition field* como el proceso de desarrollo de escenarios tuvieron impacto en las políticas relacionadas directamente con los CMPs y los biopolímeros. Al mismo tiempo se han hecho patentes múltiples interdependencias y restricciones, así como la importancia de barreras de tipo institucional y estructural, además de las tecnológicas y económicas. El *transition field* también influyó en el enfoque general del diseño de programas temáticos tales como el *Factory Tomorrow*.

El enfoque de gestión de la transición promovió la investigación novel, así como modelos de políticas en tecnología e innovación en los ámbitos de la energía, transporte y sistemas de producción, y sirvió de inspiración en la Estrategia Energy 2050.

Esta experiencia también ha supuesto un impulso para la investigación y el mercado de los CMP y los biopolímeros en Austria, sin embargo no está claro que ello haya supuesto el arranque de un cambio de régimen en este ámbito.

El artículo de **Philipp Scheppelmann** trata de demostrar la relevancia de las mesopolíticas mediante el caso de la región del Ruhr ubicada en el estado alemán de Renania del Norte-Westfalia (RNW). El estudio se centra en la transición que ha sufrido esta región en los últimos 50 años, consistente en una profunda reestructuración económica. Este caso ejemplariza cómo una región eminentemente industrial y con graves problemas de contaminación transita hacia una nueva economía basada en una industria medioambiental mediante una política activa y de largo plazo, una estricta legislación y grandes inversiones en el área de las tecnologías medioambientales. Es importante subrayar cómo el proceso estuvo acompañado de un cambio de conciencia y de concepto de progreso en el que la contaminación producida por la acción industrial dejó de ser un símbolo de progreso para convertirse en señal de atraso o mala gobernanza.

En este devenir, RNW se convirtió en una región pionera en el desarrollo de la industria medioambiental, siendo este sector en la actualidad un pilar muy importante de la economía tanto regional como nacional, albergando una cuarta parte de la ecoindustria alemana con una gran proyección de futuro. En este punto cabe resaltar una apreciación metodológica realizada por el autor que hace referencia a las dificultades de cuantificar el peso de

esta nueva eco-industria. Los métodos existentes, por una parte, se basan en una clasificación tradicional que no contempla este tipo de industrias como un sector productivo específico, dado su carácter intersectorial; por otra parte, no permiten visualizar las actividades de protección medioambiental y de gestión de recursos cuando éstas se integran en los sistemas de gestión y producción de una empresa, hecho que se denomina «paradoja de integración».

Este caso le sirve al autor como ejemplo de la importancia que adquieren las mesopolíticas, sobre todo como mecanismo de compensación del fracaso del mercado y de promoción del desarrollo económico, frente a las políticas dominantes definidas en el nivel comunitario y nacional en el ámbito del medio ambiente. El autor considera que las políticas macro pueden condicionar el apoyo al desarrollo de los países líderes en el sector medioambiental en detrimento de la configuración de perfiles eco-industriales de carácter singular y propio a escala regional.

La región RNW es considerada la cuna de la política medioambiental moderna de Alemania, y destaca por la formulación de varios instrumentos ejemplares, como la Agencia de Eficiencia Regional o una serie de herramientas de gestión de los costes de los materiales, entre otros.

En concreto, para el análisis de las mesopolíticas de RNW el autor toma como ejemplo dos políticas sectoriales concretas de la región, como son las relativas a los ámbitos energético y de materiales. Las primeras centradas en la eficiencia energética y las energías renovables destacan como buena práctica por la capacidad regional para construir una red integrada de agentes, soportada por programas relevantes de apoyo e inversión al desarrollo tecnológico e industrial. Las segundas orientadas a la gestión de residuos son referidas como ejemplo de mala práctica por impedir el desarrollo de una perspectiva tecnológica más integrada y preventiva, y por adolecer de una ausencia e incluso una subversión de la gobernanza, en la que los intereses privados prevalecieron sobre los públicos.

Ambos ejemplos permiten al autor remarcar las características y la gobernanza de las mesoestructuras como elementos decisivos para las políticas de industria ecológica.

El artículo de Douglas Mulhall y Michael Braungart intenta traducir el concepto de *Cradle to Cradle* (C2C) a una serie de criterios prácticos que orienten el trabajo de los planificadores, constructores y fabricantes orientados a labores tanto de nueva construcción como de renovación de edificios.

El modelo C2C establece un nuevo paradigma para rediseñar ambientes construidos. Constituye una plataforma de innovación (filosofía, principios y herramientas) que busca la mejora de la calidad de materiales, energía y biodiversidad. Esta aproximación genera beneficios sociales, económicos y ecoefectividad, va más allá del objetivo convencional de la sostenibilidad de minimizar los daños medioambientales. Por el contrario este modelo busca maximizar los impactos beneficiosos de la acción humana sobre el medio ambiente.

Es más, este modelo conceptúa la esfera tecnológica como un tipo de metabolismo comparable a la biosfera, donde todos los residuos son alimento, celebran la diversidad y utilizan la radiación solar incidente como fuente de energía básica.

Entre los criterios y herramientas para la implantación del modelo destacarían, entre otros: la determinación de los objetivos del edificio, de los materiales, usos y reciclaje. Es importante también establecer los criterios de aportación de valor y beneficios para los participantes e implicados (*stakeholders*) en términos económicos, de seguridad y de bienestar. La integración es otro aspecto clave del modelo presente en muchos de sus ámbitos, entre los cuales destacaría la búsqueda de asociaciones de innovadores que ya tienen experiencia en el modelo de C2C.

Paradójicamente, y en contra de muchos de los principios defendidos por las políticas medioambientales en general y del clima en particular, en términos energéticos este modelo busca maximizar la cantidad de energía que puede producir un edificio al tiempo que se induce a la introducción de energías renovables y de otros recursos materiales. De la misma forma, se considera el CO₂ un recurso que no tiene por qué ser dañino para el medio ambiente como normalmente se presenta esta problemática desde la perspectiva convencional de las políticas medioambientales y del clima.

El artículo de Ricardo Aguado, Alberto Bonilla e Igone Ugalde defiende la necesidad de un cambio en el concepto de la competitividad hacia la sostenibilidad con el objeto de adaptarse a las nuevas condiciones que impone a las empresas y al sistema en general la actual crisis socioeconómica así como ambiental en el marco de la llamada economía baja en carbono. Esto significa que para lograr competitividad sostenible la actividad económica debe generar crecimiento económico y bienestar en el presente realizando un uso mínimo de los recursos naturales por unidad de *output* a lo largo del ciclo de vida del producto o servicio y una emisión mínima de sustancias tóxicas, permitiendo a las generaciones futuras continuar con ese proceso de crecimiento.

La hipótesis de Porter propone que la existencia de normativas y políticas exigentes del Gobierno actúa como un motor para la innovación, beneficiando la capacidad competitiva de las empresas. El artículo también propone una adaptación del modelo de diamante de Porter que integre explícitamente los aspectos de CC y EE junto al concepto central de productividad en dicho diamante.

Sostenibilidad y competitividad son dos ámbitos de intervención crecientemente reclamados por las instituciones internacionales y europeas. Las políticas medioambientales y energéticas post-Kioto dan prueba de ello. Impulsan de forma creciente la adopción y desarrollo de la innovación medioambiental como vía de mitigación de las emisiones cuando menos a coste cero o incluso como un factor de generación de competitividad y rentas verdes. En este sentido el artículo hace notar la creciente confluencia experimentada en los últimos años entre las políticas medioambientales y de innovación, confluencia que genera un creciente *mix* de instrumentos y formas de gobernanza.

El artículo centra su atención en el análisis del caso vasco desde tres dimensiones. Por una parte expone, en cierta medida, la vulnerabilidad que presenta su industria frente a un escenario de economía baja en carbono. Por otra parte la adaptación del modelo de Porter también sirve como base para un análisis cualitativo de la industria vasca en relación a la competitividad sostenible, identificando las fortalezas y debilidades para cada uno de los vértices del diamante de competitividad. Al mismo tiempo, se hace una primera aproximación sobre la trayectoria de las políticas regionales en los ámbitos medioambiental y de innovación.

En relación a la vulnerabilidad, aunque la CAPV ha mostrado en las últimas décadas una evolución muy positiva de su PIB, su carácter eminentemente industrial le hace de forma especialmente vulnerable al factor carbono y a la subida de los precios de los combustibles fósiles y a la amenaza que representa la fuga de carbono.

Desde la perspectiva porteriana entre las debilidades de la industria vasca en relación a la sostenibilidad destacarían sus bajos niveles de formación y capacitación, dificultades de financiación, actitudes reactivas de la industria en general hacia la sostenibilidad, y de las pymes en particular, demanda poco sofisticada, legislación dispersa y escasa demanda pública, entre otros. Entre las fortalezas destacarían la mejora del baremo medioambiental en forma de reducción de emisiones mostrada por algunos sectores básicos (siderurgia, papel y química), el efecto dinámico de algunas empresas locales mediante el desarrollo de productos sostenibles, así como el papel de la administración vasca en el apoyo a distintas áreas científico tecnológicas estratégicas bajas en carbono, entre otros.

En el ámbito de las políticas medioambientales el País Vasco muestra un alto grado de adaptabilidad a las tendencias marcadas por macroestructuras como la europea, al incluir muchas de las prácticas e instrumentos de la Políticas de Cambio Climático y de eco-innovación aplicadas en el ámbito internacional. Así, destaca por la implantación de los instrumentos de carácter voluntario. La Ley 3/1998 General de Protección de Medio ambiente y la Estrategia Ambiental Vasca de Desarrollo Sostenible estipulan de forma literal la participación y los acuerdos voluntarios como elementos básicos del desarrollo de la política medioambiental de la región. De la misma forma se cuenta con rico acervo en el campo de la información ambiental como de la innovación.

Las políticas públicas, ya no sólo las medioambientales sino también las energéticas, cada vez se definen a más largo plazo y toman como referencia el método de diseño de escenarios futuros para su formulación. Asimismo, el País Vasco cuenta con relevantes antecedentes de participación para la formulación de estrategias públicas en los ámbitos de la Ciencia y Tecnología y Competitividad, entre otros. Sin embargo, todavía no se puede decir que se haya desarrollado una experiencia de gestión de la transición propiamente dicha, que se traduzca en planes integradores que promuevan la ciencia, la tecnología y la innovación u otras políticas sectoriales orientadas a la sostenibilidad de la región a largo plazo.

El artículo de **Nagore Tellado et al.** quiere llamar la atención sobre el significado que ha tomado la edificación sostenible especialmente en Europa en los últimos años y los retos y

oportunidades que representa la transición hacia este nuevo sector para el País Vasco. Los autores entienden por edificación sostenible la creación de entornos construidos saludables mediante la eficiente utilización de los recursos y bajo principios ecológicos, desde una perspectiva de ciclo de vida. También se resalta la transición que está protagonizando el sector en lo que respecta a eco-innovación (nuevas tecnologías, procedimientos de gestión de la energía y de su proceso productivo) y del reto que representa en este proceso el cambio climático en cuanto a reducción de consumo energético y la integración de energías renovables en el edificio.

Los principios de la edificación sostenible están muy ligados a la idea de *cluster* y de ciclo de vida, definidos incluso mediante la Norma ISO 15292. De cara a la mejora del desempeño medioambiental de este *cluster*, las medidas de eficiencia energética, tanto en edificios nuevos como en existentes, y la integración de las energías renovables en el edificio, presentan mayores oportunidades por su capacidad de mitigación, su relación coste-beneficio y por la gran diversidad de medidas existentes. La importancia de este tipo de medidas se refleja en el desarrollo regulatorio generado al respecto en el ámbito europeo mediante directivas cada vez más rigurosas en el ámbito del rendimiento energético que han influido, a su vez, en el marco normativo nacional y local.

Desde la perspectiva de la eco-innovación, la edificación sostenible genera oportunidades significativas en el ámbito del desarrollo científico y tecnológico, tal como este artículo recoge. En el ámbito tecnológico se observan dos líneas principales de actuación para la reducción del consumo energético: actuar sobre la demanda del edificio (aislamiento, inercia térmica o control de la ganancia solar) y utilizar energías renovables. Estas últimas implican el desarrollo de nuevos sistemas micro-energéticos y de acumulación adaptados a este medio. También se contempla la necesidad de desarrollar sistemas inteligentes de gestión y procesos de industrialización del sector como facilitadores para el aumento de la eficiencia y la sostenibilidad en este *cluster*.

Respecto al caso en la Comunidad Autónoma Vasca de la edificación, sobresale no solo por la relevancia del sector de la construcción sino también por el peso de los sectores que componen su cadena de suministradores (acero para la construcción, extracción de minerales no metálicos, transformados metálicos) en cuanto a su valor añadido, productividad, empleo regional y consumo final de energía. Todos estos sectores son pocos dinámicos en términos de inversiones de I+D y se caracterizan por el desarrollo de innovaciones de carácter eminentemente incremental y poco sistematizadas basadas en proyectos y en el «hacer, usar e interactuar».

Por último, el artículo identifica distintos motores y barreras que muestra el sistema vasco de edificación para su transición hacia la sostenibilidad. En el *cluster* vasco de la edificación se subraya el papel activo de algunos agentes del sistema científico-tecnológico en la introducción de líneas de investigación, y bien posicionados en distintas redes internacionales relacionadas con la edificación sostenible. También sobresale el desarrollo de infraestructuras de experimentación referentes en Europa.

Sin embargo, la cadena de suministradores de la edificación en el País Vasco, cuenta con un alto potencial para el desarrollo de innovaciones sostenibles que contribuyan a la mejora de la eficiencia energética y a la integración de las energías renovables en el edificio. La demanda sofisticada por parte del usuario final de la región es débil, si bien hay que señalar el papel ejercido por algunos agentes de la administración pública como impulsores de este proceso, aunque habría que incentivar una mayor coordinación entre los órganos de la administración y simplificar los trámites administrativos.

Las estrategias de eco-innovación pueden servir como mecanismo de planificación que establezca prioridades de actuación a medio y largo plazo. Los cambios de régimen socio-tecnológico como el que el sector de la edificación ha comenzado a protagonizar necesita objetivos claros y estables a largo plazo. De la misma forma este tipo de estrategia puede servir como integrador de políticas verticales (con otras administraciones) y horizontales (con otros sectores), así como de instrumentos de distinto carácter.

Para terminar me gustaría hacer explícito mi agradecimiento por el apoyo en la edición de este número en general y en las labores de corrección de sus artículos en particular, a mi colega Eguzkiñe Saenz de Zaitegui, investigadora de la Unidad de Sistemas de Innovación de Tecnalia Research & Innovación.

22 *¡Las tecnologías sostenibles no existen!*

La innovación y el desarrollo sostenible son conceptos muy amplios y generales, que tienen una connotación positiva, utilizados frecuentemente en las ciencias sociales, pero en la mayoría de los casos de manera ambigua y poco precisa. En este artículo, se estudiarán varias definiciones y significados de innovación y de sostenibilidad como paso previo a un análisis sobre tecnologías sostenibles. La expresión «tecnologías sostenibles» es incorrecta ya que el desarrollo sostenible no es una cuestión tecnológica ni organizativa sobre la sostenibilidad de la empresa, sino que es una cuestión sistémica. Es incorrecto considerar que ciertas tecnologías son sostenibles porque, físicamente, es imposible que una tecnología tenga un impacto cero en el medio ambiente ya que todo acto de producción y consumo tiene impactos medioambientales. La «innovación para un desarrollo sostenible» es un enunciado complejo debido a los requisitos contrapuestos (de apoyo y control) que lleva implícitos. La política de innovación debe adoptar una perspectiva sistémica de innovación que combine los beneficios para el usuario y para la sociedad.

Berrikuntza eta garapen iraunkorra kontzeptu oso zabal eta orokorrak dira. Konnotazio positiboa dute, eta maiz erabiltzen dira gizarte-zientzietan, baina gehienetan modu anbiguoan eta asko zehaztu gabe. Artikulu honetan berrikuntzaren eta iraunkortasunaren hainbat definizio eta esanahi aztertuko dira, teknologia iraunkorrei buruzko azterketa egin aurretik. «Teknologia iraunkorrap» esamoldea ez da zuzena, garapen iraunkorra ez delako enpresaren iraunkortasunari buruzko teknologia edo antolakuntzari buruzko gaia, baizik eta gai sistemikoa. Ez da zuzena zenbait teknologia iraunkortzat hartzea, fisikoki ezinezkoa baita teknologiaren batek eraginik ez izatea ingurunean, ekoizpen- eta kontsumo-ekintza guztiak dituztelako ingurumenaren gaineko eraginak. «Garapen iraunkorrerako berrikuntza» enuntziatu konplexua da, betekizun kontrajarriak (lagunza eta kontrolekoak) dituelako atzean modu inplizituan. Berrikuntza-politikak erabiltzailearentzako eta gizarterako onurak elkartuko dituen berrikuntzako ikuspegi sistemikoa hartu behar du.

Innovation and sustainable development are broad, general concepts with positive connotations which are widely used in the social sciences, but usually in an ambiguous, imprecise way. This paper examines various definitions and meanings of sustainability as a preliminary step in analysing sustainable technologies. The term “sustainable technologies” is actually incorrect since sustainable development is not a question of technology or organisation regarding the sustainability of firms but rather a systemic matter. It is wrong to consider certain technologies as sustainable because it is physically impossible for a technology to have no impact at all on the environment: all production and consumption actions have environmental impacts. “Innovation for sustainable development” is a complex idea, due to the opposing requirements (for support and control) that it entails. Innovation policy must take a systemic outlook regarding innovation that combines benefits for users and for society as a whole.

ÍNDICE

1. Introducción
 2. Los múltiples significados de innovación y desarrollo sostenible
 3. ¿Mejora de sistema o innovación de sistema?
 4. Resumen y conclusiones
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: desarrollo sostenible, innovación de sistema, tecnologías sostenibles.

Keywords: sustainable development, system innovation, sustainable technologies.

N.º de clasificación JEL: Q28, Q55, Q56, Q58.

1. INTRODUCCIÓN

En este artículo, analizo las nociones de innovación y desarrollo sostenible y reflexiono sobre si la expresión «innovación sostenible» resulta útil. Sostendré que la expresión «innovación sostenible» cuando menos puede ser problemática porque ninguna innovación es medioambientalmente inmaculada ni carece de impactos negativos. El desarrollo sostenible es una cuestión sistémica, no tecnológica ni organizativa sobre la sostenibilidad de la empresa.

El artículo está estructurado de la siguiente manera. El apartado 2 profundiza en los múltiples significados de la innovación y el desarrollo sostenible. El apar-

tado 3 trata sobre la distinción entre mejora del sistema e innovación del sistema. El último apartado incluye un resumen y las conclusiones.

2. LOS MÚLTIPLES SIGNIFICADOS DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO SOSTENIBLE

El término «innovación» aparece en artículos de prensa, en documentos de política pública y en artículos empresariales y académicos. Según el Manual de Oslo (OCDE 2005), la innovación es la aplicación y comercialización de un producto (bien o servicio) nuevo u optimizado significativamente, o un proceso, un nuevo método de *marketing* u organizativo en la práctica empresarial. El manual señala que la innovación que se está desarrollando o adoptando puede ser nueva para el mundo o

* René Kemp es profesor de innovación y desarrollo sostenible del ICIS, Universidad de Maastricht, y catedrático del UNU-MERIT en Maastricht (Países Bajos), r.kemp@maastrichtuniversity.nl.

para la empresa. La innovación no requiere inversiones internas en actividades creativas como la I+D. Las empresas pueden innovar recurriendo a tecnología desarrollada por otras empresas u organizaciones.

Existe una amplia literatura sobre innovación, surgida a partir de Schumpeter y otros autores. Schumpeter (1939, Vol I; p. 84) definía la innovación como «hacer cosas de forma diferente en la esfera de la vida económica». Hoy en día, la innovación suele considerarse como un producto o tecnología de producción novedosos pero no es así como la definió Schumpeter. Además, en su opinión, la «apertura de nuevos mercados», «la conquista de nuevas fuentes de suministro» y «la aplicación de una nueva organización en cualquier industria» son sinónimos de innovación, al igual que «la introducción de nuevos productos» y «nuevos métodos de producción de un nuevo producto». Basándose en las ideas de Schumpeter, Freeman y Pérez (1988) distinguen tres tipos de innovación: innovación incremental, innovación radical (*disruptive innovation*) y nuevos sistemas tecnológicos.¹ Las innovaciones in-

crementales son mejoras sucesivas a partir de productos y procesos ya existentes. La innovación radical, por el contrario, es la introducción de un producto o proceso verdaderamente nuevo. Hay algunas innovaciones radicales (*disruptive innovation*) que dan origen a toda una industria nueva. La televisión, por ejemplo, no solo introdujo una industria de fabricación sino también servicios de programación y emisión que, a su vez, ampliaron el alcance del sector publicitario. Los nuevos sistemas tecnológicos son constelaciones de innovaciones técnicas, económicamente interrelacionadas, que afectan a varias ramas de producción.² Se basan en un nuevo conocimiento (no solo un conocimiento tecnológico sino también un conocimiento sobre las necesidades del consumidor y las interpretaciones sobre el producto en sí) y nuevas habilidades. Al mismo tiempo se requiere el uso de tecnologías tanto nuevas como viejas, así como nuevas formas de hacer las cosas e instituciones que han surgido dentro del proceso de su desarrollo (estándares de productos, asociaciones, etc.).

Freeman apunta que la innovación no solo es importante para aumentar la riqueza de las naciones en el sentido estricto de una mayor prosperidad sino también en el sentido más fundamental de capacitar a los hombres para hacer cosas que nunca se han hecho anteriormente. La innovación permite mejorar o empeorar la calidad de vida general (Freeman, 1982; p. 3). Cuando el término «eco-innovación» aún no existía, Freeman decía que la innovación «es esencial para la conservación a largo plazo los recursos y la mejora del medio ambiente» (*ibid*, p. 4).

¹ Debe diferenciarse la innovación de la invención. El concepto *invención* hace referencia al descubrimiento. La gran mayoría de innovaciones no se basan en un descubrimiento sino que son la consecuencia de la aplicación de procesos de búsqueda e I+D que no tienen como resultado un descubrimiento. La bicicleta de montaña no se basa en un descubrimiento científico sino que es el resultado del esfuerzo por resolver un problema. La iluminación halógena se basa en un descubrimiento pero hace uso de muchos más elementos, además del descubrimiento científico. Se basa en interpretaciones de valoraciones del usuario, tecnología de producción y estándares. En la creación de innovación, se combinan diferentes tipos de conocimiento, lo cual significa que la innovación se comprende mejor si se entiende como una recombinación en lugar de un descubrimiento técnico, basándose en avances tecnológicos, conocimiento y técnicas de varias disciplinas (materiales, electrónica, software de diseño y pruebas, etc.) que son reunidos en un contexto organizativo.

² Véase <http://www.carlotaperez.org/papers/1-technologicalrevolutionsparadigm.htm#6note>.

En la literatura existente sobre innovación, se han desarrollado diversas tipologías. A continuación presentamos una basada en el manual de Oslo, en el trabajo de Freeman y en el mío propio:

1. Innovaciones de productos y servicios.
2. Innovaciones en procesos.
3. Innovación organizativa relacionada con modos innovadores de organizar el trabajo en áreas tales como la gestión de los recursos humanos, la distribución, las finanzas y la fabricación. La innovación del modelo empresarial también puede considerarse como una innovación organizativa.
4. Innovación de presentación, que incluye innovaciones en diseño y *marketing*.
5. Innovación de sistema: nuevos sistemas tecnológicos.

Las innovaciones de las dos primeras categorías pueden dividirse en innovaciones tecnológicas y no tecnológicas (cf. Rennings, 2000). Las innovaciones tecnológicas comprenden nuevos productos y procesos así como importantes cambios tecnológicos en ambos. La innovación no tecnológica hace referencia a cambios que ocurren dentro de las empresas y que no pueden atribuirse directamente a los productos/servicios ni a los métodos de producción. Las innovaciones de sistema o sistémicas son cambios fundamentales en los sistemas de abastecimiento, donde el cambio puede darse en muchas facetas (en tecnología, productos, prácticas, organización, formas de pensar).³ Una innova-

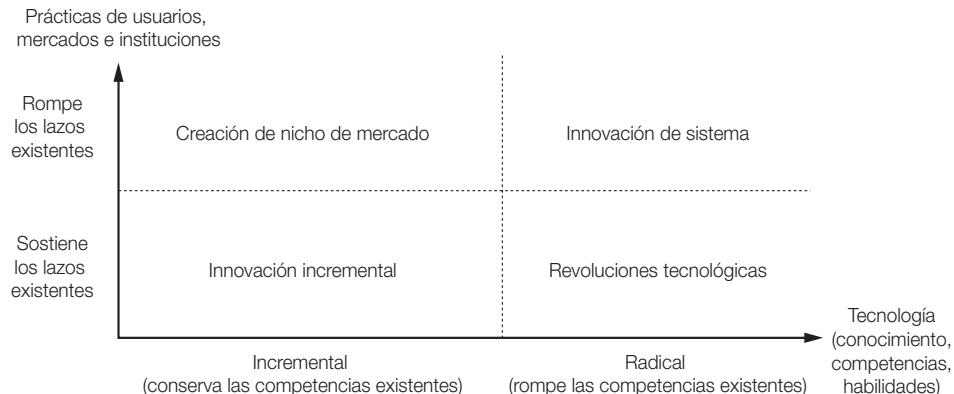
ción sistémica de nuestro tiempo es el teléfono móvil, que no solo es un producto diferente sino también un sistema diferente: con transmisores especiales, comunicación por satélite, chips especiales como las tarjetas SIM, servicios de mensajes de texto, etc. Son los cambios afines en las cadenas de producción, los estándares, las prácticas de los usuarios y el significado cultural los que lo convierten en una innovación del sistema socio-técnico.⁴

Una distinción importante que quizás no se suele hacerse con la suficiente frecuencia es entre innovaciones rupturistas (*disruptive innovations*) e innovaciones sustentadoras. Las innovaciones rupturistas son innovaciones que terminan expulsando del mercado a productos o tecnologías dominantes (Christensen, 1997). Este tipo de innovaciones puede dividirse en innovaciones de bajas prestaciones e innovaciones de nuevo mercado. La innovación rupturista de nuevo mercado suele ir destinada a consumidores especiales mientras que la innovación trastocadora de bajas prestaciones se centra en clientes dominantes que han sido ignorados por empresas consolidadas. A veces, una tecnología rupturista llega a dominar un mercado existente llenando un hueco en un nuevo mercado que la antigua tecnología no podía llenar (p. ej., en los años ochenta, los discos duros para portátiles, más caros y de menor capacidad pero de tamaño reducido) o tratando de atraer sucesivamente clientela de mayor poder adquisitivo mediante mejoras en el rendimiento hasta desplazar finalmente a los que dominaban el mercado (p. ej., la fotografía analógica desplazada por la fotografía digital).

³ Steward (2008) emplea la expresión «innovación transformadora».

⁴ Suele suprimirse el adjetivo «sociotécnica».

Gráfico n.º 1

Tipología de las innovaciones (adaptada de Abernathy y Clark, 1985)

Fuente: Elaboración propia.

Las innovaciones sustentadoras basadas en un conocimiento previo dentro de la empresa innovadora, proveen a usuarios y mercados de productos existentes. Las tecnologías sustentadoras suelen consistir en mejoras incrementales de rendimiento de los productos consolidados pero también pueden ser radicales y discontinuas. Un ejemplo de innovación sustentadora es el convertidor catalítico, que sirvió para mejorar el rendimiento medioambiental del motor de combustión interna y así mantener el dominio de dicha tecnología. Sin embargo, se desarrolló fuera de la industria automovilística.

Cada innovación puede generar beneficios medioambientales como efecto secundario o de forma deliberada. En el programa DTO holandés pueden encontrarse ejemplos de innovaciones de sistema que ofrecen beneficios medioambientales. Algunos de estos son: nuevos alimentos ba-

sados en proteínas no procedentes de la carne (factor 10-30 de mejora), agricultura de precisión (hasta un factor 50 de mejora), producción descentralizada de electricidad empleando energías renovables y microturbinas, transporte subterráneo de mercancías mediante conductos (factor 10 de mejora en rendimiento energético), y ecología industrial (Weaver *et al.*, 1999).

2.1. Desarrollo sostenible

Antes de emplearse la expresión «desarrollo sostenible», solíamos hablar de protección medioambiental. Se prestaba atención a la protección y la conservación en lugar de a la creación y al desarrollo. La idea de protección medioambiental era relativamente clara: hace referencia a la protección del entorno natural para evitar su uso como vertedero de residuos y para que

sea fuente de recursos naturales para la producción y el consumo, así como un proveedor de funciones y servicios sustentadores de vida. Hay más de cien definiciones de desarrollo sostenible y la más conocida es: «el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la capacidad de generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades» (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987; p. 23).

El desarrollo sostenible no es un concepto único y bien definido sino que existen varias posturas y enfoques. Hueting y Reijnders (2004) señalan que la sostenibilidad se define mediante límites ecológicos que pueden determinarse científicamente. Sin embargo, McCool y Stankey (2004) recalcan que la cuestión sobre qué debe sostenerse es de carácter social y, por tanto, constituye una decisión técnica y también normativa. Gibson (2001) incide en la normatividad del desarrollo sostenible porque incluye a la sociedad y el desarrollo social. Brand y Karvonen (2007) explican que la sostenibilidad también se especifica localmente y es más un asunto de interpretación local que de determinación de logros universales u objetivos. En términos similares se expresa Meadowcroft, que señala que el desarrollo sostenible «hace referencia a un proceso y un estándar —no a un estado final—. Cada generación debe considerar los retos como algo nuevo y debe decidir qué trayectoria deben seguir sus objetivos de desarrollo, cuáles son los límites de lo medioambientalmente posible y deseable y qué se entiende por los requisitos de justicia social» (Meadowcroft, 1997; p. 37).

Una vez expuesta esta visión de conjunto, concluimos que hay diferentes posturas acerca del desarrollo sostenible. Por

un lado, el desarrollo sostenible se percibe como un concepto claro y objetivo que se basa en pruebas científicas y sobre el que existe un consenso. Por otro lado, el desarrollo sostenible es visto como un concepto normativo y socialmente rebatido que depende del contexto y está arraigado en preferencias sociales.

2.2. Innovaciones para la sostenibilidad

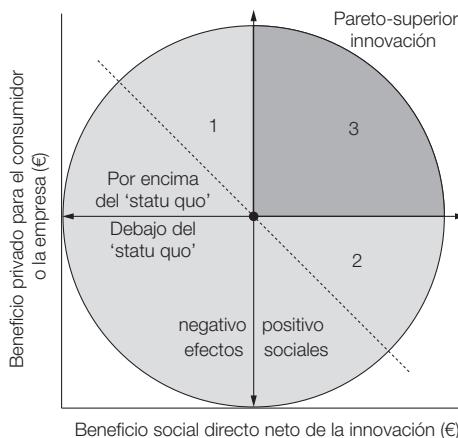
Las eco-innovaciones son innovaciones que ofrecen un beneficio medioambiental a diferencia de otras alternativas relevantes. Además, las innovaciones para la sostenibilidad pueden definirse como innovaciones que ofrecen beneficios medioambientales y sociales.

Wagner define las innovaciones para la sostenibilidad de la siguiente manera (véase el gráfico n.º 2). Las innovaciones en las áreas (2) y (3) son innovaciones en sostenibilidad.

Un problema que a menudo no se aborda es cómo operacionalizar el aspecto social (entendiendo «social» como aquello que se refiere a la sociedad, a la salud y bienestar de los individuos). Este aspecto puede operacionalizarse si incluye beneficios para la salud, menos peligros para la seguridad, mayor satisfacción laboral y ausencia de consecuencias negativas para las personas en otros lugares (otras partes del mundo). Las pinturas con bajo contenido en disolvente se consideran como una innovación en sostenibilidad ya que son más beneficiosas para el medio ambiente y para los pintores. El café de comercio justo podría considerarse como una innovación en sostenibilidad ya que ofrece mayores beneficios

Gráfico n.º 2

Cuadrantes de beneficios privados y sociales de la innovación en comparación con el 'statu quo'



Fuente: Elaboración propia.

económicos a los agricultores con bajos ingresos. Pero, ¿qué ocurre si la innovación beneficiosa para el medio ambiente reduce los puestos de trabajo o implica paralizar el empleo? ¿Supone esto que no es una innovación en sostenibilidad? ¿Deben aceptarse tales pérdidas en mano de obra debido a los efectos de generación de ingresos de los gastos procedentes del aumento de la riqueza? Solo una pequeña proporción de las innovaciones cumpliría el criterio de ser pareto-superiores, lo que significa que ninguna es peor que otra. Ninguna innovación radical cumpliría este criterio.

También quiero recalcar que los efectos varían con el tiempo y dependen del uso. Las pinturas con bajo contenido en disolvente no pueden lavarse en agua con productos químicos que vayan a parar a la al-

cantarilla. Si el vertido de pintura se trata en plantas colectivas de aguas residuales resulta menos problemático que vertirlo directamente al alcantarillado. Pero los problemas no desaparecen. En efecto, las plantas de tratamiento de aguas residuales generan barro. Así que nos encontramos con otro problema: el barro que contiene productos químicos. En los Países Bajos, el barro se deshidrata y quema en hornos de cemento para producir cemento. Todo ello se realiza cumpliendo una serie de normas. Esto nos lleva a tratar una cuestión importante: los impactos de los productos son coproducidos por cadenas de prácticas. No son inherentes a la tecnología pero dependen de cómo se produzcan, la intensidad de uso y qué se está haciendo en materia de gestión de residuos. Los efectos de un producto también dependen del procesamiento del

material y de la forma de producir electricidad.

Por tanto, la sostenibilidad de un producto, tecnología o práctica debe evaluarse sistémicamente, prestando especial atención al uso y a los contextos del mismo. La importancia del uso quedó subrayada por la polémica en torno al coche Prius, un coche eléctrico híbrido, frente al todoterreno deportivo Hummer. Un estudio de CNW Marketing llegó a la conclusión de que el coche Prius utilizaba más energía a lo largo de su vida útil que un todoterreno de gran tamaño.⁵ Otras investigaciones han demostrado que esta conclusión se basaba en el supuesto de que un Hummer H1 medio recorría 610.000 kilómetros y duraba más de 35 años, mientras que el Prius medio supuestamente solo recorría 175.000 kilómetros en menos de 12 años. Los resultados de este estudio fueron muy criticados y parece que un segundo análisis mediante evaluación anónima de especialistas puede llevar a «conclusiones totalmente opuestas: los requisitos energéticos del ciclo de vida de los híbridos y otros vehículos más pequeños son mucho menores que los de los Hummer y otros todoterrenos de gran tamaño».⁶

Las tecnologías que utilizan combustibles fósiles son generalmente consideradas como no sostenibles porque se basan en recursos que pueden agotarse (gas, petróleo, carbón) cuya combustión genera gases de efecto invernadero y otras emisiones. Sin embargo, en el caso de las fuentes fijas, las emisiones de carbono pueden capturarse y almacenarse para su

reutilización posterior. Por tanto, se pueden hacer combustibles fósiles más sostenibles. En cambio, se suele hacer referencia a las tecnologías de energía renovable como tecnologías de energía sostenible. Pero las turbinas eólicas matan aves y los cultivos energéticos crecen de forma perjudicial para el medio ambiente. Incluso la electricidad fotovoltaica, que podría considerarse la fuente de energía eléctrica más limpia, tampoco se libra completamente de afectar al medio ambiente. Al igual que cualquier producto de consumo, las materias primas para fabricar los sistemas fotovoltaicos deben enviarse a las fábricas y los productos acabados deben transportarse de las fábricas a los consumidores. También debemos tener en cuenta el tema de la eliminación segura al final de la vida útil del producto. Por tanto, el adjetivo «sostenible» no puede emplearse alegremente para calificar a ciertas tecnologías. El uso del concepto de sostenibilidad es más acertado si se aplica como criterio de evaluación para identificar elementos que son problemáticos desde el punto de vista de la sostenibilidad, para atraer la atención y canalizar las inversiones hacia soluciones para eliminar tales problemas. Lo que ocurre es que la sostenibilidad se utiliza como una etiqueta positiva con el fin de restar importancia a la problemática que entraña.

2.3. La necesidad de un modelo dinámico que tenga en cuenta la escala

Los aspectos relacionados con la sostenibilidad deben evaluarse a nivel de sistemas. En este contexto, deben tenerse en cuenta la escala y los límites del sistema. Lo ilustraré con un ejemplo. Los vehículos

⁵ Estudio realizado por CNW Marketing Research, Inc. en 2007, cuyo título es «Dust to Dust: The Energy Cost of New Vehicles From Concept to Disposal».

⁶ http://www.pacinst.org/topics/integrity_of_science/case_studies/hummer_vs_prius.pdf.

a motor son cada vez más ecológicos: las emisiones de los vehículos han bajado y estos son energéticamente más eficientes. Pero, como ya sabemos, los coches siguen contaminando, favorecen el calentamiento global, ocupan espacio y hacen que la vida sea menos agradable para otras personas (peatones, ciclistas, niños sin espacios de recreo). Algunos señalan que el problema de las formas de movilidad dependientes del coche reside en que hay demasiados coches (pueden encontrarse posturas de este tipo en Urry). En general, este tipo de afirmaciones genéricas carece de fundamento. Los coches no están ocasionando problemas en todos los lugares y ámbitos. En algunas zonas, la movilidad con coche está ocasionando menos problemas a las personas. Los coches también desempeñan funciones socialmente útiles (ir a visitar a los amigos, ir al trabajo, etc.). La sostenibilidad debe evaluarse de manera.

A la hora de evaluar la sostenibilidad, deben tenerse en cuenta las posibilidades de mejora y los riesgos. Los vehículos eléctricos pueden servir para explicar esta afirmación. Estos vehículos que funcionan con baterías no generan emisiones cuando son utilizados. Sus defensores los denominan vehículos de emisiones nulas y otros se refieren a ellos como «vehículos con emisiones en otros lugares», dadas las emisiones asociadas con la producción de energía. ¿Cómo puede evaluarse un vehículo eléctrico de baterías desde el punto de vista del desarrollo sostenible? En mi opinión, esta evaluación puede realizarse de tres maneras diferentes:

- Teniendo en cuenta las configuraciones actuales del sistema con las que se produce electricidad mediante el uso de distintos combustibles fósiles, combustibles nucleares y energías re-

novables empleando la tecnología actual.

- Para configuraciones futuras del sistema que puedan incorporar nuevos elementos (como captación y aislamiento de carbono) y nuevas generaciones de tecnología.
- Desde un punto de vista de la transición, como medida que permita tomar otras medidas, que ayude a las sociedades a recorrer el camino hacia sistemas más sostenibles de producción y consumo.

Mientras que el primer análisis mostraría que los beneficios sociales derivados de pasar a utilizar vehículos eléctricos de batería como el Prius serían limitados, el segundo tipo de análisis reflejaría que los beneficios para la sociedad pueden ser múltiples si cambiara el suministro eléctrico. El tercer análisis identificaría medidas para adoptar un sistema de transporte y energía con bajo contenido de carbono. La movilidad eléctrica puede facilitar la ecologización del suministro de energía eléctrica generando una demanda de electricidad ecológica y fomentando las inversiones en producción energética. Los vehículos eléctricos resultan atractivos porque permiten a los consumidores cargar su propio vehículo con electricidad ecológica si lo desean. La electricidad almacenada en los vehículos puede incorporarse a la red eléctrica o puede ser utilizada en los hogares cuando se necesita suministro eléctrico adicional. Desde el punto de vista de la industria petrolífera y la industria de la automoción, los vehículos eléctricos de batería son una tecnología potencialmente disruptiva. En el proyecto de gestión estratégica de nichos en el que participé a mediados de la década de 1990, identificamos la te-

lemática de transporte y la propulsión eléctrica como tecnologías clave para la movilidad sostenible. Los gobiernos apoyaron el uso de vehículos eléctricos pero no de manera suficiente. Financiaron proyectos de demostración pero no crearon un mercado para estos vehículos. La última actuación en este sentido ha tenido lugar únicamente en los Países Bajos, donde el Toyota Prius ha sido el gran beneficiado. Gracias a Toyota, que ha defendido el uso de un vehículo eléctrico híbrido, inicialmente a un precio deficitario, se está apoyando la propulsión eléctrica.

Para evaluar la sostenibilidad deben tenerse en cuenta la escala y los efectos temporales, es decir a los efectos positivos y negativos a lo largo del tiempo adecuadamente valorados.

2.4. Demandas paradójicas para la política

Ni el reto del desarrollo sostenible ni ningún otro ámbito de la realidad social puede abordarse mediante análisis científicos y políticas destinadas a obtener resultados predeterminados. La incertidumbre sobre las relaciones de causa-efecto, el intercambio de información entre actividades orientativas y de control y la dinámica del desarrollo social, tecnológico y medioambiental dificultan el logro de dicho reto. La sostenibilidad debe entenderse como una forma de contextualizar concretamente el problema, y hace hincapié en la interrelación entre diferentes problemas y escalas, así como en los efectos indirectos y a largo plazo de las acciones resultantes (Voss y Kemp, 2005, 2006).

La innovación en favor del desarrollo sostenible plantea a la política una serie

de demandas paradójicas. Por un lado, hace falta promover innovaciones que resulten beneficiosas para la sostenibilidad y cuyas ventajas, como ya sabemos, están infravaloradas en el mercado, ya que deben competir con opciones bien desarrolladas y que han aprovechado los efectos del aprendizaje y la escala dinámica, las economías de sistema y la integración y adaptación institucionales (los vehículos a motor son un buen ejemplo.; las sociedades están adaptadas a su uso, no solo mediante la creación de infraestructuras para conducir y aparcar los vehículos sino también desde el punto de vista cultural, algo que queda patente en la existencia de revistas automovilísticas y programas de televisión como Top Gear). Además, las políticas deben abordar los riesgos asociados a las nuevas tecnologías destinadas a generar ventajas y ofrecer opciones sostenibles. Hace falta respaldo y control. La solución reside en equilibrar ambos elementos. Para ello, se puede conseguir que el respaldo dependa de la sostenibilidad (por ejemplo, que se produzcan biocarburantes de manera sostenible), se puede promover la evaluación de riesgos, se pueden introducir responsabilidades y se puede recurrir a programas de adaptación que incluyan una evaluación.

No hay una fórmula mágica para elaborar políticas eficientes. Solemos conocer los riesgos cuando las tecnologías ya están desarrolladas. Así que, hay que hacer todo lo posible para remediarlo pero quizás no resulte fácil eliminar los efectos secundarios. Collingridge apunta a un posible dilema de control, es decir, que los impactos no pueden predecirse fácilmente hasta que la tecnología ha sido completamente desarrollada y es utilizada por un gran número

de usuarios y que el control o el cambio resultan complicados cuando la tecnología se ha consolidado. Una posible solución a este problema es optar por tecnologías de bajo riesgo como la energía solar, en el caso del suministro eléctrico. Esto nos lleva a reflexionar sobre la elección entre mejorar los sistemas que poseemos o crear nuevos sistemas alternativos.

3. ¿MEJORA DE SISTEMA O INNOVACIÓN DE SISTEMA?

Tras consultarse mis publicaciones sobre cambio de régimen tecnológico y transiciones hacia la sostenibilidad (Kemp, 1994; Rotmans *et al.*, 2001; Kemp *et al.*, 2007) podría deducirse que soy un defensor de la innovación de sistema. En realidad, lo soy, pero abogo por una propuesta reflexiva para la promoción prudente de la innovación de sistema con elementos de control donde la política sea flexible y esté orientada al aprendizaje.

Antes de profundizar en las políticas en materia de innovación de sistema, conviene recalcar que se debe pasar por ambas etapas: la mejora y la innovación de sistema. En el caso de la industria papelera, se han seguido dos trayectorias para limitar las emisiones de cloro: una que consistía en utilizar un agente blanqueante sin cloro (ozono) y otra basada en el uso de dióxido de cloro en el sistema cerrado. Se generó una gran polémica en torno a cuál era la mejor trayectoria medioambiental. A pesar de las discrepancias y teniendo en cuenta numerosos estudios, se concluyó que el uso de dióxido de cloro en sistemas cerrados (obtención elemental de pasta de papel sin cloro) no resulta inferior desde el

punto de vista medioambiental (Smith y Ralotte, 2001).

Al principio, nunca está claro cuál es la mejor respuesta: la mejora o la innovación de sistema. A corto plazo, el mayor nivel de sostenibilidad se puede obtener con un ajuste técnico, y este es uno de los motivos por los que se aplican ajustes técnicos (el otro motivo es que no son rupturistas o radicales (*disruptive*) desde el punto de vista de las compañías que dominan el mercado). Esto sugiere que deberían seguirse ambos caminos. En el sector energético, existe la polémica sobre si debemos continuar dependiendo de los combustibles fósiles o si debiéramos optar por energías renovables y la energía nuclear. Hasta ahora, ningún país ha decidido retirar progresivamente los combustibles fósiles. Se siguen diferentes trayectorias para reducir el carbono. En la Unión Europea, se persigue la reducción del carbono en las centrales mediante el uso de un sistema de comercio de emisiones e impuestos sobre el carbono. Para reducir radicalmente el contenido de carbono procedente del uso de combustibles fósiles para producir energía eléctrica, hacen falta diferentes tecnologías. Parece que la única tecnología capaz de lograr este objetivo es la captura y almacenamiento de carbono (CAC), una solución muy costosa. Se defiende como «carbón limpio» la combinación del uso de carbón y CAC.

El problema a la hora de establecer políticas es que ninguno de los sistemas destaca sobre los demás en cuanto a dimensiones, costes, medio ambiente, seguridad de suministro y residuos. Mediante políticas tecnológicas y energéticas, se estudia una serie de opciones. Es interesante observar que todos los países las están estudiando. Resulta difícil decir si se están apoyando las opciones correctas. Esto es algo que

deben determinar los propios países. No puede determinarse científicamente aunque Van den Bergh *et al.* (2007) lo han intentado satisfactoriamente siguiendo una lógica evolutiva en la que muchas partes juegan un papel importante.

Hasta hace poco, se podía afirmar que se presta demasiada poca atención a las energías renovables y demasiada a la fusión nuclear. Los gobiernos han apoyado más la investigación sobre combustibles fósiles y sobre fusión nuclear que sobre las energías renovables y la conservación energética pero, ahora, las energías renovables están recibiendo mucho apoyo mediante políticas de implantación. En 2020, en Europa el 20% de la combinación energética debe provenir de fuentes de energía renovable. Se deberá cumplir el «objetivo mínimo» de que el 10% del mercado de gasolina y diésel esté representado por biocarburantes para 2020. No se han impuesto requisitos sobre sostenibilidad. Se consideran simplemente como objetivos de sostenibilidad, al igual que el objetivo del 5,75% para los biocarburantes para finales de 2010.

La producción y uso de biomasa puede proporcionar beneficios medioambientales inmediatas pero también presenta mayores daños medioambientales previsibles. La contaminación atmosférica y las emisiones de gases de efecto invernadero pueden mitigarse con alternativas bioenergéticas frente al uso de combustibles fósiles. Sin embargo, un aumento considerable del uso de biomasa procedente de la agricultura, la explotación forestal y los residuos para producir energía podría poner en peligro la biodiversidad forestal y de las tierras de cultivo así como los recursos hídricos y del suelo. El incremento en el uso de pesticidas y fertilizantes, la mayor presión sobre los recursos hídricos y la intensificación ge-

neral de la agricultura europea son algunos de los efectos secundarios potencialmente negativos de la creciente dependencia de la biomasa para generar energía (Kramer y Schlegel, 2008).

Todo esto pone de manifiesto que se debe buscar prudentemente la innovación de sistema. Quizá deberíamos centrar nuestra atención no solo en las mejores opciones desde un punto de vista económico sino en las opciones que suponen menor riesgo y ofrecen un elevado rendimiento social. La segunda generación de biocarburantes parece ser más atractiva que la primera desde el punto de vista de la sostenibilidad.

Estas son algunas desventajas actuales de muchos (no todos) de los biocarburantes de primera generación:⁷

- Elevan los precios de los alimentos debido a la competencia con las cosechas;
- son una opción cara para la seguridad energética, teniendo en cuenta los costes totales de producción, sin incluir las subvenciones estatales;
- proporcionan beneficios limitados en cuanto a la reducción de los gases de efecto invernadero(a excepción del etanol de la caña de azúcar) y los costes son relativamente elevados en cuanto a los \$/tonelada de dióxido de carbono (\$/t CO₂) que se evitan;
- no ofrecen los beneficios medioambientales prometidos porque la materia prima para biomasa no siempre se produce de manera sostenible;

⁷ Véase <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2009/03/ieas-report-on-1st-to-2nd-generation-biofuel-technologies>.

Cuadro n.º 1

Movilidad personalizada

La sustitución de servicios automovilísticos por servicios de movilidad

Consiste en el uso de servicios de movilidad adaptados a las necesidades del usuario. El uso del coche se *combina* con otros tipos de transporte que facilitan los proveedores de movilidad. Dispondremos de nuevos tipos de transporte público, como el transporte público individualizado, que consiste en recoger al usuario en su casa y llevarlo a su destino. El transporte público recibe un trato preferente mediante líneas de autobús especiales.

La movilidad personalizada implica cambios en la propiedad, infraestructura, accesibilidad a los vehículos y hábitos. Se invierte la tendencia hacia la posesión de más de un coche. Cada vez se utilizan más coches que son propiedad de empresas de vehículos compartidos y empresas de transporte público. A ellos se puede acceder mediante tarjetas inteligentes y pueden reservarse fácilmente.

Los asistentes personales de desplazamiento («personal travel assistants» en inglés) ayudan a las personas a encontrar servicios de movilidad y realizar reservas.

En un sistema de este tipo, hay agencias de movilidad y centros de movilidad donde se puede cambiar de tipo de transporte: metro ligero, coches públicos, bicicletas, etc. El tráfico intraurbano e interurbano está enlazado a estaciones de movilidad urbana.

Con este sistema, se reduce la accesibilidad de los coches mediante políticas de división por zonas para hacer que las ciudades sean más habitables. Tendremos una mayor variedad de coches, por ejemplo, coches urbanos (silenciosos) y coches para largas distancias (energéticamente eficientes).

La congestión, las emisiones que genera el transporte y las molestias disminuyen considerablemente, quizás en un factor 5 (en comparación con las mejoras de factor 2-4 que pueden conseguirse con formas de transporte basadas en el coche).

Fuente: Kemp y Rotmans (2004).

- están acelerando la deforestación (y poseen otros efectos potencialmente indirectos sobre la utilización del suelo que también deben tenerse en cuenta);
- tienen un potencial impacto negativo en la biodiversidad; y
- compiten por escasos recursos hídricos en algunas regiones.

La segunda generación de biocarburantes producidos a partir de materia prima lignocelulósica sufre menos estos problemas pero sigue preocupando la utilización del suelo, aunque se prevé que la producción energética (en GJ/ha) será mayor que si se plantan cosechas para biocarburantes de primera generación (y coproductos) en la misma tierra. Además, se podrían utilizar tierras de peor calidad pero no hay garantías de que

esto vaya a ocurrir. Si resulta más económico utilizar tierra de buena calidad, las inversiones favorecerán las tierras de buena calidad.

En un artículo anterior, analizaba diferentes perspectivas sobre la movilidad sostenible. Una de ellas era la de la movilidad personalizada.

La movilidad personalizada ofrece la posibilidad de obtener beneficios en cuanto a la sostenibilidad. Aquí se presentan dos retos: crear dichos sistemas y asegurarse de que se maximizan los beneficios para la sostenibilidad. Existe una tensión entre ambos. Para crear estos sistemas, se debe contar con actores económicos, algo necesario para elaborar posteriormente las políticas. Estos sistemas también pueden depender fundamentalmente de ideas surgidas en la industria sobre movilidad sostenible pero lo más recomendable es recopilar ideas procedentes del mayor número de actores diferentes. Las ideas pueden analizarse y evaluarse por jurados en los que participen ciudadanos cualificados (no pueden ser evaluadas solamente por economistas sobre la base de un análisis de costes-beneficios porque este tipo de análisis puede dejar de lado muchas ideas excelentes). La siguiente fase consiste en formular programas adaptativos para la innovación de sistema.

Dentro de estos programas, pueden diseñarse itinerarios o procesos e identificarse y analizarse diversas configuraciones. En este contexto, los experimentos estratégicos desempeñan un papel importante ya que, a partir de ellos, se pueden aprender lecciones útiles. El objetivo de los experimentos es aprender, no probar algo. Los experimentos deben ser algo más que proyectos de demostración. Deben idearse

de tal manera que tanto los proveedores como los usuarios conozcan las posibilidades y también los riesgos y problemas. Las suposiciones básicas y las expectativas existentes deben probarse mediante el aprendizaje de segundo orden. Por ejemplo, se debe motivar a los fabricantes de coches para que reconsideren sus suposiciones sobre lo que un coche debe ser capaz de hacer mientras que los usuarios deben ser estimulados para que reconsideren sus necesidades reales de movilidad y cómo satisfacerlas. Evidentemente, siempre existe la posibilidad de que la tecnología que recibe apoyos resulte un fracaso. Los fracasos deben aceptarse. Este es un gran problema en el sistema político actual y un serio obstáculo a la hora de innovar el sistema. Los objetivos de aprendizaje en el marco de las políticas son algo novedoso y radical. Los políticos se han basado tradicionalmente en objetivos cuantitativos para obtener resultados. Estos siguen teniendo importancia pero, como hemos señalado anteriormente, deben complementarse con objetivos de aprendizaje social para propiciar la innovación de sistema. Los objetivos fundamentales también deben utilizarse para la transición general y no solo para lograr resultados.

Además de las empresas y el gobierno, los actores sociales también deben participar en este proceso por dos motivos: para hacerlo realidad y para garantizar que la sostenibilidad reciba la atención debida. Lo mejor sería contar con un proceso descendente y ascendente en el que participen las autoridades nacionales y los entes locales. El gobierno local debe trabajar en las iniciativas locales para conseguir que el transporte local sea más sostenible. Las autoridades nacionales deben divulgar la información adquirida a partir de las expe-

riencias locales y nacionales. También deben asegurarse de que haya una buena cartera de experimentos y facilitar el aprendizaje mediante estos.

Conviene recalcar que estos programas no son meros programas tecnológicos. También se proponen crear asociaciones. Hay ciertos programas que suelen ser objeto de crítica por parte de aquellos que afirman que el gobierno no puede elegir un ganador. Por ejemplo, a menudo se han criticado los programas estatales para promover el desarrollo de baterías porque no conseguían que se generalizara el uso de los vehículos de batería. Ciertamente, ha ocurrido así pero se han aprendido algunas lecciones prácticas. Los experimentos realizados con vehículos eléctricos de batería han llevado a las empresas a centrarse en vehículos eléctricos híbridos que emplean baterías y las han animado a investigar y buscar diseños aerodinámicos y de construcción ligera que parece que podrán utilizarse en la práctica (no queda claro hasta qué punto se utilizarán). En cuanto a la naturaleza de dichos programas, deben basarse en opciones prometedoras y evaluarse constantemente la necesidad de ayudas. Si el programa no es necesario o conveniente, debería eliminarse.

A la hora de elaborar estos programas, el responsable no debe depender totalmente de las soluciones defendidas por actores consolidados que probablemente estén anclados en formas de pensar antiguas y estén interesados en el *statu quo*. Los vehículos eléctricos más innovadores se desarrollaron fuera de la industria automovilística (Hoogma *et al.*, 2001).

Tomando como base una de las perspectivas apuntadas más arriba, el programa candidato debe promover la movilidad per-

sonalizada y debe fomentar el uso reducido del coche y un mayor uso de otros medios de transporte. La movilidad personalizada promete aportaciones en varias dimensiones de la sostenibilidad. Ofrece beneficios en forma de una menor congestión del tráfico, lo cual reduce las emisiones y los accidentes ya que el uso de coches y camiones es más selectivo. Actualmente, existe un vacío entre el transporte individualizado y el transporte colectivo pero hay varias innovaciones que pueden llenar este hueco, como:

1. *Formas individuales de transporte público* que flexibilizan el transporte público y lo adaptan mejor a las necesidades de transporte del consumidor. Algunos ejemplos son los servicios «dial-a-bus» (transporte en autobús o minibús «puerta a puerta») y los taxis colectivos (como los «tren-taxi» holandeses), el uso de la informática para planificar rutas y el seguimiento de vehículos.
2. *Uso colectivo de medios de transporte privados*, como compartir el coche o la bici, sistemas de «mercado bursátil» para compartir trayectos de larga distancia o programas voluntarios para transportar a personas discapacitadas o de edad avanzada. Estos sistemas resultan más atractivos si aumenta su magnitud y se incorporan otras innovaciones como las tarjetas inteligentes para acceder a coches y bicicletas.
3. *Sistemas de información de tránsito y servicios de información sobre movilidad* que informan a las personas sobre cómo pueden combinar diferentes medios de transporte. Estos programas informativos deben com-

plementarse con programas de aparcamiento disuasorio. La existencia de dichos servicios informativos puede ayudar a diferentes empresas de transporte a adaptar mejor sus servicios y optimizar todo el sistema de transporte.

Las innovaciones anteriores pueden contribuir a que los conductores de coches dejen de utilizar un solo vehículo para todo desplazamiento y el uso individual de coches. En mi opinión, la movilidad personalizada debe constituir un principio orientativo para elaborar políticas de transporte y ordenación del territorio porque resulta atractiva desde una perspectiva social de la sostenibilidad y desde el punto de vista del usuario, y porque requiere un esfuerzo conjunto en cuanto a las infraestructuras (puntos de transbordo), reorganización del sector (creación de agencias de movilidad y colaboración entre compañías de transporte), tecnología (sistemas de información y emisión de billetes) y establecimiento de estándares de interoperabilidad. Como podrá deducirse de lo escrito anteriormente, los beneficios para el usuario y para la sociedad no son inherentes a la tecnología y dependen de aspectos más amplios del sistema como los impuestos, las infraestructuras e incluso aspectos culturales sobre los que las políticas no ejercen ninguna influencia.

Es preciso señalar que la movilidad personalizada implica muchas «innovaciones»: innovaciones en la tecnología de los vehículos (como coches urbanos, coches de larga distancia, cambios de propiedad, mejor transporte público, centros de movilidad donde se puede cambiar de medio de transporte, y agencias de movilidad que supervisen y gestionen las flotas de coches, autobuses, bicicletas). En este sentido, la tecnología juega un papel importante pero

se trata, en gran medida, de un aspecto organizativo.

Las políticas de innovación de sistema no sustituyen a políticas marco como el comercio de emisiones: deben elaborarse ambos tipos de políticas. El desarrollo sostenible requiere políticas de control. Debe haber incentivos negativos para la contaminación y la generación de residuos.

La innovación de sistema resulta problemática a la hora de elaborar políticas ya que implica importantes inversiones arrriesgadas, conflictos entre actores dominantes y emergentes y la reconfiguración de los límites sectoriales tradicionales y los límites de las políticas (Steward, 2008). Actualmente, ninguna política de innovación ni ninguna política de sostenibilidad se configuran para buscar una seria innovación transformadora. La innovación transformadora para el desarrollo sostenible requiere un cambio de políticas (se plantean recomendaciones sobre cómo hacerlo bajo la expresión de gestión de la transición) (Rothmans *et al.*, 2001; Kemp *et al.*, 2007; Loorbach y Kemp, 2008).

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

La innovación puede ayudarnos a aproximarnos a los objetivos de desarrollo sostenible pero, para lograr un desarrollo sostenible, no existen soluciones técnicas ni principios de gestión aunque haya posturas contrarias a esta opinión. El desarrollo sostenible es una búsqueda constante en un mundo en desarrollo. El desarrollo sostenible, como objetivo progresivo, no puede determinarse científicamente sino que requiere un elemento normativo y la ciencia no puede predecir los impactos. Nos equivocamos si calificamos ciertas tecnologías

como sostenibles porque ninguna lo es. Dicho esto, la innovación para un desarrollo sostenible es un concepto complejo en el ámbito político dados los requisitos opuestos (de apoyo y control) que se imponen.

Se garantiza una mayor atención a las innovaciones de sistema, los sistemas alternativos de producción y consumo, en los que se trabaja prudentemente con actitud preventiva y adaptativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAND, R. y KARVONEN, A. (2007): «The ecosystem of expertise: complementary knowledges for sustainable development». *Sustainability: Science, Practice and Policy* 3: 21-31.
- COLLINGRIDGE, D. (1980): *The Social Control of Technology*, Londres: Pinter.
- HUETING, R. y REIJNDERS, L. (2004): «Broad sustainability contra sustainability: the proper construction of sustainability indicators». *Ecological Economics* 50: 249-260.
- KRAEMER, R. y SCHLEGEL, S. (2008?): *Policy Brief, European Union Policy on Bioenergy*, Ecologic—Institute for International and European Environmental Policy, Berlín, Alemania.
- MEADOWCROFT, J. (1999): «Planning for Sustainable Development: What can be learned from the critics?», en M. Kenny y J. Meadowcroft (eds.) *Planning sustainability*, Routledge, Londres y Nueva York, pp. 12-38.
- OCDE (1997): *The Measurement of Scientific and Technical activities: Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technical Innovation data (The Oslo Manual)*, París, OCDE.
- KEMP, R. y ROTMANS, J. (2004): «Managing the Transition to Sustainable Mobility», en: E. Boelie, F. Geels y K. Green (ed.), *System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy*, pp. 137-167 (Edgar Elgar, Cheltenham).
- y MARTENS, P. (2007): «Sustainable development: how to manage something that is subjective and can never be achieved?» *Sustainability: Science, Practice and Policy* 3: 1-10.
- LOORBACH, D. y KEMP, R. (2007): «Transition management for the Dutch energy transition: the multilevel governance aspects». En: J.C.J.M.v.d. Bergh y F.R. Bruinsma (eds.), *The Transition to Renewable Energy: Theory and Practice from Local, Regional and Macro Perspectives*. Edward Elgar Publishing Ltd., Cheltenham.
- MCCOOL, S.F. y STANKEY, G.H. (2004): «Indicators of sustainability: challenges and opportunities at the interface of science and policy». *Environmental Management* 33: 294-305.
- RAMMEL, C. y VAN DEN BERGH, J. (2002): «An Evolutionary Perspective on Sustainable Development Policies: Adaptive Flexibility and Risk Minimising». *Ecological Economics* 47: 121-133.
- RIP, A. y RENE, K. (1998): «Technological change». En: Rayner S, Malone EL (eds.), *Human choice and climate change*, vol. 2. Battelle, Columbus, OH, pp. 327-399.
- RENNINGS, K. (2000): «Redefining Innovation-Eco-innovation Research and the Contribution from Ecological Economics», *Ecological Economics*, 32, 319-322.
- RIP, A., MISA, T. y SCHOT, J. (eds.) (1995): *Managing Technology in Society. New Forms for the Control of Technology*, Londres: Pinter Publishers.
- SARTORIUS, C. (2006): «Second-order sustainability—conditions for the development of sustainable innovations in a dynamic environment», *Ecological Economics*. 58(2): 268-286.
- SCHOT, J. y RIP, A. (1997): «The Past and Future of Constructive Technology Assessment». En: *Technological Forecasting and Social Change*, 54: 251-268.
- SCOTT, J.C. (1998): *Seeing like a State. How Human Schemes to Improve the Human Condition Have Failed*, New Haven y Nueva York: Yale University Press.

- SMITH, A., STIRLING, A. y BERKHOUT, F. (2005): «The Governance of Sustainable Sociotechnical Transitions», *Research Policy*, 34, pp. 491-150.
- SCHUMPETER, J.A. (1939): *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. Nueva York y Londres: McGraw-Hill.
- SMITH, K. (2000): «Innovation as a Systemic Phenomenon: Rethinking the Role of Policy», *Enterprise & Innovation Management Studies*, 1 (1), 73-102.
- SMITH, A. y RAJOTTE, A. (2001): «When markets meet socio-politics: the introduction of chlorine free bleaching in the Swedish pulp and paper industry», en Coombs, R. et al. (eds.), 2001, *Technology and the Market: Demand, Users and Innovation*, Edward Elgar, Cheltenham.
- STEWARD, F. (2008): «Breaking the boundaries. Transformative innovation for the global good», NESTA Provocation 07: Abril de 2008, NESTA, Londres.
- VAN DEN BERGH, J. FABER, A., IDENBURG, A. y OOSTERHUIS, F. (2007): *Evolutionary Economics and Environmental Policy. The Survival of the Greenest*, Edward Elgar, Cheltenham.
- Voss, J.-P. y KEMP, R. (2006): «Sustainability and reflexive governance: introduction». En: J.-P. Voß, D. Bauknecht y R. Kemp (eds.), *Reflexive Governance for Sustainable Development*. Edward Elgar, Cheltenham.
- WEAVER, P. et al. (1999): *Sustainable Technology Development*, Sheffield: Greenleaf Publishing.
- WILLIAMS, C.C. y MILLINGTON, A.C. (2004): «The diverse and contested meanings of sustainable development». *The Geographical Journal* 170: 99-104.

Regulación medioambiental, globalización e innovación: integración de las políticas industriales, medioambientales y comerciales

Este trabajo analiza las relaciones entre la regulación industrial y medioambiental, y la innovación y el desarrollo sostenible en el contexto de una economía global. Se sostiene que la política industrial, la política medioambiental y las iniciativas comerciales deben estar integradas y actuar conjuntamente, además se hace especial hincapié en la promoción de la innovación tecnológica. De esta forma una regulación nacional consolidada puede ser el estímulo para la innovación tecnológica, organizativa, institucional y social, y ello va a suponer ventajas comerciales para las empresas precursoras que cumplen el reglamento de forma innovadora pudiendo convertirse en empresas líderes y desplazando a otras empresas que ofrecen productos no óptimos.

Lan honetan industria- eta ingurumen-erregulazioaren, eta berrikuntzaren eta garapen iraunkorren arteko harremanak azterzen dira, betiere ekonomia globalaren testuinguruan. Bertan aipatzen da industria-politika, ingurumen-politika eta merkataritza-ekimenak integratuta egon behar direla, eta elkarrekin jardun. Gainera, bereziki azpimarratu nahi izan da berrikuntza teknologiaren sustapena. Horrela, erregulazio nazional sendotua suspergarria izan daiteke teknologia, antolakuntza, erakunde eta gizarte alorretako berrikuntzarako, eta horrek merkataritza-abantailak eragingo ditu araudia modu berritzailean betetzen duten empresa aitzindariantzat, empresa lider bihurtu ahal izango direla, optimoak ez diren produktuak eskaintzen dituzten beste empresa batzuk ordezkatzuz.

This paper analyses the relationship between industrial and environmental regulation and sustainable development in the context of a global economy. It is argued that industrial policy, environment policy and commercial initiatives should be integrated and should act jointly. Particular emphasis is also placed on the promotion of technological innovation. Consolidated national regulations can thus act as a stimulus for technological, organisational and social innovation, which would entail commercial advantages for those pioneering firms that are the first to come into line with regulations, enabling them to become leaders and displace rivals that offer sub-optimal products

ÍNDICE

1. Introducción
 2. La innovación es la clave para conseguir mejoras en la competitividad y el medio ambiente
 3. La regulación puede favorecer una innovación beneficiosa para la economía y el medio ambiente
 4. El comercio puede beneficiar o perjudicar al medio ambiente y al empleo en función de la estrategia elegida
 5. Alternativas de intervención gubernamental
 6. Integración de las políticas industriales, medioambientales y comerciales
 7. Conclusión
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: regulación medioambiental, políticas industriales, políticas medioambientales.

Keywords: Environmental rule, industrial policies, environmental policies.

N.º de clasificación JEL: O31, O32, Q55, Q56.

1. INTRODUCCIÓN

El presente ensayo ahonda en la compleja relación entre la regulación medioambiental, la innovación y el desarrollo sostenible en el contexto de una economía cada vez más globalizada. En él se sostiene que la política industrial, la política medioambiental y las iniciativas comerciales deben estar integradas y actuar

conjuntamente, y se hace especial hincapié en la promoción de la innovación tecnológica, si el comercio y la globalización no debilitan los progresos en pos de un desarrollo sostenible.

La regulación sobre salud, seguridad y medio ambiente —englobadas aquí bajo la expresión «regulación medioambiental»— aborda los fracasos del libre mercado a la hora de asimilar muchos de los costes sociales de una economía industrializada o industrializadora exigiendo la adopción de medidas para proteger el medio ambiente, a los trabajadores, a los consumidores y a los ciudadanos. Muchas empre-

* Este artículo se basa en gran medida en Nicholas A. Ashford y Ralph P. Hall (2011), *Technology, Globalization and Sustainable Development*, Yale University Press, y en un artículo basado en dicho libro disponible en <http://www.mdpi.com/about/openaccess/>.

sas industriales critican y se oponen a este tipo de regulaciones¹ y sostienen que dichas medidas obligan a veces a realizar inversiones «no productivas» e innecesarias que podrían destinarse más eficazmente a desarrollar mejores productos y servicios y a ampliar mercados. Además, una de las quejas de las empresas comerciales de los países industrializados apunta a que dichas medidas no son necesarias en países en proceso de industrialización ya que gozan de la ventaja competitiva del parasitismo sobre el medio ambiente y las condiciones de trabajo². En los trabajos de Michael Porter y Claas van den Linde (1995a y b), Martin Jaenicke y Klaus Jacob (2004), Jens Hemmelskamp *et al.* (2000), y Ashford (1979; 1985; 2000), entre otros, puede encontrarse una visión más moderna sobre los efectos de la regulación en la economía que da lugar a una ventaja competitiva resultante de la innovación motivada por la regulación. Todos ellos sostienen que hay ventajas propias de las empresas —y naciones— precursoras que cumplen la regulación de forma innovadora, convirtiéndose en pioneras de mercados líderes y, en algunos casos, desplazando a empresas, procesos y productos no óptimos.

En efecto, la globalización ha modificado el panorama económico. Conecta las economías nacionales bajo nuevas formas y desnacionaliza el acceso a la información, la tecnología, el conocimiento, los mercados y el capital financiero. También ha abierto dos caminos diferentes en los que

un sector o economía nacional puede competir en mercados internacionales.

- 1) produciendo tecnología de mejor calidad y más innovadora que puede ser utilizada o no en primer lugar en nichos de mercado (Kemp, 1994, 1997) y
- 2) adoptando medidas de recorte de costes que involucran a mayores economías de escala suprimiendo mano de obra y haciendo caso omiso de los peligros para la salud, la seguridad y el medio ambiente (véase Charles y Lehner, 1998).

Aunque algunos han defendido que la globalización también aumenta la demanda de más medidas protectoras en materia de medio ambiente y trabajo en todo el mundo (Vogel, 1995; Bhagwati, 1997), otros han llamado la atención sobre una «carrera hacia mínimos» y una creciente tendencia a comercializar las externalidades propias del medio ambiente (y la mano de obra) (Ekins *et al.*, 1994).

El autor y sus colegas sostienen desde hace mucho tiempo, a partir de las pruebas empíricas de la innovación inducida por la regulación en un contexto nacional, que los avances significativos, más que marginales y medioambientales, exigen desplazar a las empresas establecidas y sus tecnologías (Ashford *et al.*, 1979 y 1985). Este artículo analiza esta argumentación en la esfera del desarrollo sostenible donde las naciones actúan en una economía globalizada que no solo pone en duda el logro de las mejoras medioambientales sino también la satisfacción de las demandas de crecimiento económico y empleo. Los cambios en el sistema son necesarios para lograr un desarrollo sostenible y requieren realinear de manera radical a los actores económicos, las instituciones gubernamentales y la demanda social.

¹ Aquí, la expresión «empresas industriales» se refiere ampliamente a todas aquellas dedicadas a la extracción de recursos materiales y energéticos, la fabricación, el transporte, la agricultura y los servicios.

² El autor sostiene en otros artículos que los tres pilares del desarrollo sostenible son la competitividad, el medio ambiente y el empleo. Véase Ashford (2000).

En un libro que actualmente está en imprenta (Ashford y Hall, 2011), se analizan con mayor profundidad las políticas necesarias para transformar el estado industrial.

Por tanto, observamos que no solo hay dos impulsores del crecimiento económico, la tecnología y el comercio, sino que el propio comercio puede tomar dos direcciones diametralmente opuestas, una competencia impulsada por la innovación y una competencia tradicional por el recorte de costes (Charles y Lehner, 1998).

La regulación sobre salud, seguridad y medio ambiente es la vía por la que se obliga al desarrollo industrial a ser más sostenible. Sin embargo la ausencia de unos sólidos régímenes reguladores internacionales modifica el equilibrio entre la industrialización y el medio ambiente. Este artículo sostiene que una regulación nacional consolidada puede servir de estímulo para la innovación tecnológica, organizativa, institucional y social, lo cual conlleva ventajas comerciales que superan las ganancias a más corto plazo derivadas del recorte de costes y de la expansión comercial que, de otro modo, debilitarían la protección medioambiental. Todo esto puede también proporcionar una mayor calidad medioambiental. Sin embargo, se necesita algo más que la ecologización de la industria. Hace falta una destrucción creativa, según la visión de Schumpeter (Schumpeter, 1939, 1962).

2. LA INNOVACIÓN ES LA CLAVE PARA CONSEGUIR MEJORAS EN LA COMPETITIVIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE

El cambio tecnológico es una expresión general e imprecisa que abarca la invención, la innovación, la difusión y la transferencia

de tecnología. La innovación tecnológica es la primera aplicación comercialmente próspera de una nueva idea técnica. Debe distinguirse de la invención, que consiste en el desarrollo de una nueva idea técnica, y de la difusión, que es la posterior adopción generalizada de una innovación más allá de aquéllos que la han desarrollado³.

A medida que las sociedades industriales maduran, cambian el carácter y los modelos de la innovación (Abernathy y Clark, 1985; Utterback, 1987). Las nuevas tecnologías pasan a ser tecnologías antiguas. Muchas líneas de producto (p. ej., las lavadoras o las baterías de plomo) se estandarizan o son cada vez más rígidas y la innovación se hace más difícil e incremental en lugar de ser radical.

Utilizando el lenguaje con el que están familiarizados tradicionalmente los expertos en innovación, la innovación incremental implica un proceso coevolutivo y paso a paso del cambio, mientras que las innovaciones radicales son discontinuas y probablemente implican el reemplazo de empresas e instituciones dominantes en lugar de una transformación evolutiva (Moors, 2000; Luiten, 2001; Ashford et al., 2002; Partidario, 2003). Christensen (1997) distingue la primera como una innovación sustentadora y la segunda como una innovación rupturista (*disruptive innovation*) más que radical. Este sostiene que tanto la innovación sustentadora como la innovación disruptiva pueden ser incrementales, moderadas o radicales. Lamentable-

³ Sin embargo, a veces resulta difícil distinguir entre innovación y difusión porque las innovaciones casi nunca pueden ser adoptadas por nuevos usuarios sin aplicarse antes algunas modificaciones. Cuando se aplican numerosas modificaciones, es decir, cuando la adopción requiere una importante adaptación, el resultado puede ser una nueva innovación (Ashford y Heaton, 1983).

mente, el término radical se emplea en la literatura con estos dos significados diferentes y suele ser motivo de confusiones.

Pero también hace falta aclarar otro asunto: ¿sustentadora o rupturista de qué? Christensen emplea el adjetivo rupturista (*disruptive*) en el contexto de una clientela que valora ciertos atributos de un producto y cuyos cambios de preferencias pueden modificar los mercados aplicándose variantes tecnológicas a los productos. El contexto en el que empleamos el término pertenece al producto —y también a otros cambios tecnológicos o de sistema— desde una perspectiva tecnológica así como desde la perspectiva de las preferencias de atributos de los clientes. A este respecto, empleamos el término *disruptive* más en la línea en la que Chris Freeman (1982) utiliza el término radical o de la idea de Nelson y Winter (1977) sobre el cambio de regímenes tecnológicos (véase más adelante). Nos guiamos por la opinión de Christensen acerca de que el término «radical» debe reservarse para describir el ritmo del cambio más que el tipo, así que por lo general evitaremos utilizar dicho término como sinónimo de *disruptive*. Pero hace falta algo más. Desde una perspectiva tecnológica, las innovaciones rupturistas (*disruptive innovations*) pueden ser intrínsecas o arquitectónicas. Las primeras constituyen una manera muy diferente de lograr la funcionalidad, como el transistor que sustituye al tubo de vacío, y las segundas pueden combinar ideas tecnológicas en un nuevo producto, como el motor híbrido de combustión interna y eléctrico. Christensen *et al.* (1998) hacen hincapié en estas últimas y se centran en la tecnología de producto. Utterback y Acee (2005, pp. 15-16) observan que «las innovaciones que amplían el mercado crean un nuevo espacio para que las

empresas comiencen a operar» y «la verdadera importancia de la tecnología rupturista (*disruptive technology*) ... no reside en que pueda sustituir a productos consolidados. Es, más bien, una potente herramienta para ampliar mercados y proporcionar nuevas funcionalidades». El problema de limitar el análisis a los factores determinantes del cambio tecnológico presentes en el mercado reside en que se omite el hecho de que los mercados pueden no responder adecuadamente ante asuntos relativos a la sostenibilidad. Por ejemplo, los consumidores pueden estar muy preocupados por la seguridad de los productos pero probablemente se preocuparán menos por la seguridad del proceso de fabricación que afecta a los trabajadores que realizan dicho producto. Hace falta algo más que adaptar las capacidades tecnológicas de las empresas a las actuales demandas sociales. Nuestra investigación establecerá una distinción entre la innovación sustentadora y la innovación rupturista (*disruptive innovation*) en un contexto tecnológico y social más amplio.

Las líneas de productos/sectores bien desarrollados y que se han estandarizado experimentan mayoritariamente una innovación incremental. Aquí, los cambios se centran en métodos de producción que recortan costes —como el aumento en la escala de producción, la sustitución de mano de obra por tecnología y un mayor control sobre los trabajadores— en lugar de aplicar cambios importantes en los productos. La innovación en los procesos disminuye paulatinamente a medida que se estandarizan los procesos de fabricación o producción. El término hace referencia a una línea de producto concreta que se define por tener ciertos límites en el progreso tecnológico y por trayectorias donde el progreso es posible y merece la pena (Nelson y Winter, 1977).

No obstante, a veces, las tecnologías dominantes (como el tubo de vacío y la calculadora mecánica) son cuestionadas y sustituidas repentinamente por innovaciones rupturistas significativas (como el transistor y la calculadora electrónica) pero esto es relativamente poco frecuente, aunque muy importante (Kemp, 1994; Christensen, 1997). Expondremos que las innovaciones rupturistas (*disruptive innovations*) son quizá lo que hace falta para lograr la sostenibilidad. A medida que maduran las economías industriales, la innovación en muchos sectores puede ser cada vez más difícil y gradual y las políticas reguladoras y estatales se ven cada vez más influidas, si no absorbidas, por los proveedores de la tecnología o régimen tecnológico dominante que cada vez se resisten más al cambio. Pero, de vez en cuando, los sectores tradicionales pueden revitalizarse, como es el caso del sector textil del algodón⁴.

Otros sectores, particularmente los que se basan en tecnologías emergentes, pueden experimentar una mayor innovación. El potencial económico global de innovación en la sanidad y el empleo de una nación en su conjunto es la suma de estas tendencias divergentes y depende cada vez más del comercio internacional. Tanto si las naciones tratan de aumentar los ingresos basados en la competencia en rendimiento tecnológico como si dependen de estrategias de recorte de costes, ambas situaciones pueden tener un enorme impacto en el em-

pleo y en el medio ambiente. Tal y como se detallará más adelante, una regulación sobre salud, seguridad y medio ambiente bien estructurada y las nuevas demandas sociales también pueden impulsar importantes cambios tecnológicos que, de otro modo, no se producirían en la época en cuestión (Ashford *et al.*, 1985).

2.1. Caracterización de la innovación tecnológica: fuerza motivadora, tipo y carácter

La innovación tecnológica puede caracterizarse por su fuerza motivadora, y su tipo y carácter. La fuerza motivadora que hay detrás del cambio tecnológico puede ser el resultado de las principales actividades empresariales de una industria o puede evolucionar a raíz de los esfuerzos realizados por dicha industria para cumplir las normas o responder a las presiones en materia de salud, seguridad o medio ambiente (Ashford *et al.*, 1979). La regulación, los indicadores del mercado y las demandas anticipadas de los trabajadores o consumidores pueden afectar a cualquier característica de la innovación. Existen múltiples ejemplos que demuestran que el impulsor más importante del cambio tecnológico que identifican los directivos de las empresas es la legislación medioambiental y su aplicación (Ashford y Hall, 2011).

Por lo que respecta al tipo de innovación, hay que tener en cuenta cuatro niveles diferentes de cambio tecnológico: 1) cambios en productos, 2) cambios en procesos, 3) paso de productos a servicios-producto, y 4) cambios en el sistema de mayor alcance. El último nivel de cambio no solo incluye innovación tecnológica sino también los efectos en el empleo, la

⁴ Bajo la amenaza económica de unos estándares más estrictos para proteger a los trabajadores frente a la exposición al polvo de algodón, la empresa textil Líder en EE.UU. decidió rediseñar y modernizar su tecnología para reducir la exposición de los trabajadores al polvo de algodón y al ruido y para mejorar el rendimiento de la producción. Destaca como uno de los pocos ejemplos en los que la industria se reinventa y se reemplaza a sí misma.

organización de la empresa y las demandas sociales. La innovación puede estar orientada al producto, lo que implica cambios en el diseño del servicio o producto finales. Puede ampliarse e incluir cambios a servicios-producto, en cuyo caso la empresa prevé ofrecer al cliente el servicio o ventaja deseados, bajo nuevas formas creativas, con el objetivo de reducir recursos, el uso de energía y la contaminación. Un ejemplo es la venta de servicios de fotocopiado a los clientes, que consiste en que la empresa fotocopiadora es propietaria de la máquina y se encarga de todo el servicio y mantenimiento de la máquina durante su uso en lugar de vender fotocopiadoras. La innovación tecnológica también puede estar orientada al proceso, de tal manera que se produce como parte del proceso de producción de un producto o del suministro de un servicio.

Los cambios en el sistema son los cambios tecnológicos más profundos y de mayor alcance. Superan los límites de la empresa e implican a muchos actores, como los proveedores, las empresas competidoras y colaboradoras, y las nuevas empresas en la actividad económica, las autoridades estatales y la sociedad civil. Consisten en reconceptualizar o reordenar todas las cadenas de producción y las redes de actores, por ejemplo, pasando de una agricultura industrial no local a sistemas de alimentos orgánicos cultivados localmente, o alterando simultáneamente los regímenes de producción, empleo, distribución y transporte para transportar a personas y mercancías de manera más eficiente, empleando menos energía y reduciendo la contaminación. Otro ejemplo interesante es un cambio en el sistema que implique la fusión de la construcción de viviendas *in situ* con los módulos de vivienda hechos en fá-

brica para generar menos residuos, trabajar con mayor seguridad, subir los salarios y construir de manera más rápida y rentable (Ashford *et al.*, 2002).

En el contexto del cambio de productos, el carácter de la innovación tecnológica puede evaluarse conforme a si sirve para mantener o interrumpir las líneas de producto consolidadas o las redes de valores de los clientes cuyas demandas están bien definidas (Christensen, 1997). El concepto «red de valores» de Christensen es «el contexto en el que una empresa identifica y responde a las necesidades de los clientes, resuelve problemas, realiza inversiones, reacciona ante la competencia y procura generar beneficios». Siguiendo la teoría de Christensen, las innovaciones sustentadoras se producen cuando las empresas consolidadas innovan para seguir satisfaciendo las necesidades de los consumidores actuales con productos optimizados y manteniendo la trayectoria tecnológica anterior pero ampliéndola. Las innovaciones rupturistas (*disruptive innovations*) proporcionan a clientes diferentes, y que quizás aún no están bien definidos, atributos de productos diferentes de los que hay en las redes de consumidores-productores consolidados⁵. La distinción entre innovación sustentadora e innovación rupturista (*disruptive innovation*) también puede basarse en el carácter tecnológico del cambio, una distinción que propicia los incentivos centrados no solo en cambios en productos (que pueden ser los principales impulsores de la innovación según el tirón del mercado) sino también en cambios que implican mejoras en los pro-

⁵ En este caso, la creación de nuevos productos no es una tendencia basada en tendencias anteriores de avance tecnológico sino que se produce en una trayectoria completamente nueva, surgiendo a menudo un nuevo mercado.

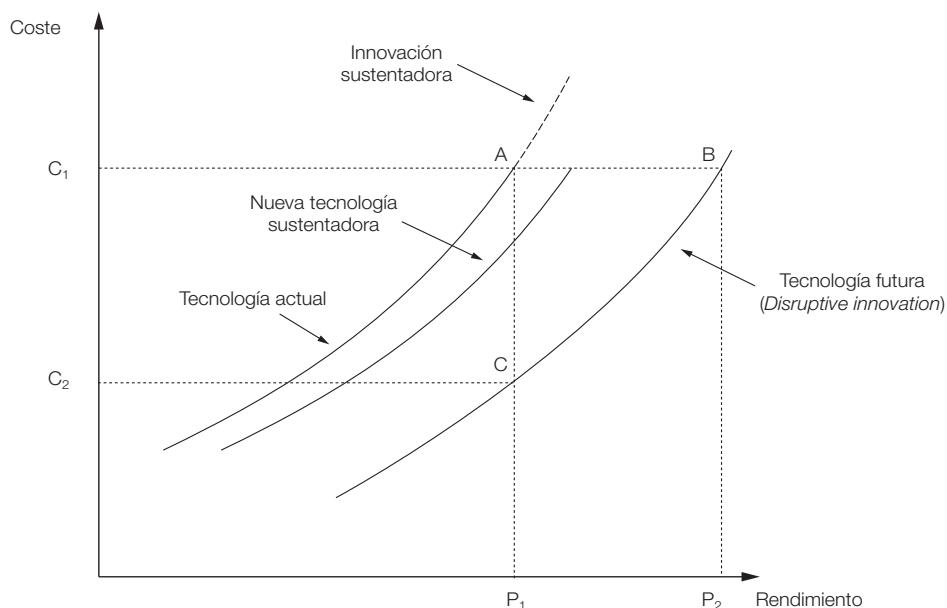
cesos, giros hacia servicios de productos y cambios más amplios en el sistema. Esto no puede restar importancia a la demanda de los consumidores sino que debe servir para contextualizarla correctamente ya que muchos cambios tecnológicos deseados deberán tener su origen en perspectivas más intervencionistas y reguladoras si se tiene que lograr el desarrollo sostenible en el momento oportuno. En el siguiente apartado, profundizamos en estas ideas.

Otra forma de comparar la innovación sustentadora y la innovación rupturista (*disruptive innovation*) es describir tres caminos

diferentes que puede tomar la innovación. En el gráfico n.º 1 siguiente, se muestran los diferentes niveles de rendimiento de un régimen tecnológico actual (por ejemplo, varios motores de combustión interna para automóviles con diferentes eficiencias del combustible) como función del coste. El motor actual más eficiente está representado por el punto «A» con un coste C_1 . Se pueden aplicar varios métodos diferentes para desarrollar nuevas mejoras (innovaciones sustentadoras) en los motores de combustión interna dentro del mismo régimen tecnológico. Las primeras mejoras pueden aplicarse ampliando el rendimiento

Gráfico n.º 1

La frontera eficiente para la tecnología actual y futura comparando la innovación sustentadora y la innovación rupturista ('disruptive innovation')



Fuente: Elaboración propia.

de la tecnología actual pero con un coste más elevado, como se muestra con la línea de puntos. En segundo lugar, se puede producir una innovación importante dentro del mismo régimen tecnológico, lo cual daría lugar a nuevas relaciones rendimiento-coste, tal y como refleja la segunda curva, que se inclina hacia la derecha en el gráfico n.º 1. En tercer lugar, podría desarrollarse un sistema de potencia basado en un concepto de innovación diferente (innovación disruptiva), representado por la curva de «tecnología-futuro», que es la que se encuentra más a la derecha en el gráfico. En algún punto, pueden desarrollarse motores eficientes en consumo de combustible que proporcionen la mejor eficiencia del motor antiguo con un coste más bajo C_2 (representado por el punto «C») o puede conseguirse una mejor eficiencia con el mismo coste C_1 (representado por el punto «B»). Cualquier punto intermedio de la curva de la tecnología futura representa una situación beneficiosa para todas las partes con relación a las innovaciones sustentadoras de la línea de puntos.

Tanto la innovación evolutiva como la revolucionaria pueden darse sin la intervención del gobierno, pero los períodos para que estos cambios ocurran pueden ser demasiado largos para afrontar las crisis medioambiental y de empleo actuales. Por esta razón, es importante remarcar la importancia de la intervención gubernamental.

3. LA REGULACIÓN PUEDE FAVORECER UNA INNOVACIÓN BENEFICIOSA PARA LA ECONOMÍA Y EL MEDIO AMBIENTE

El autor y sus colegas han sostenido anteriormente que la regulación, si está bien

elaborada, puede transformar los productos y procesos que proporcionan beneficios económicos, medioambientales, para la salud y para la seguridad (Ashford *et al.*, 1979 y 1985). Por el contrario, el análisis económico clásico de la relación entre la regulación medioambiental/sobre salud/seguridad y la competitividad defiende que una regulación estricta aumenta los costes de producción, desviando los recursos de I+D y, por consiguiente, dificulta la innovación (Jaffe *et al.*, 1995; Rennings *et al.*, 2003). Este supuesto fue cuestionado por primera vez a finales de la década de 1970 en el MIT (Ashford, Heaton y Priest, 1979) y ganó popularidad en 1991 gracias a la llamada «hipótesis de Porter».

Basándose en su investigación sobre la ventaja competitiva de las naciones, Porter (1990, p. 168) afirmaba que «las estrictas normas medioambientales no impiden necesariamente que exista una ventaja competitiva frente a rivales extranjeros. De hecho, la aumentan. Los estándares rigurosos impulsan la innovación y la mejora». Y continúa diciendo: «los estándares reguladores bien elaborados, orientados a los resultados y no a los métodos, animarán a las empresas a rediseñar su tecnología. En muchos casos, el resultado es un proceso que no solo contamina menos sino que reduce los costes o mejora la calidad. ... Unas normas estrictas para los productos también pueden empujar a las empresas a innovar para realizar productos menos contaminantes o más eficientes en cuanto al uso de recursos que estarán altamente valorados a nivel internacional» (*ibid*, p. 168). La hipótesis básica de Porter es que las empresas que responden a una regulación estricta desarrollando nuevas tecnologías gozan de la ventaja «típica del precursor» y pueden acaparar el mercado para sus pro-

ductos/servicios. En una comparación reciente entre la competitividad nacional y la buena gobernanza medioambiental y la reacción del sector privado, se defendía la hipótesis de Porter (Foro Económico Mundial *et al.*, 2002).

Dicho análisis afirma que «la buena gestión económica y la buena gestión medioambiental están relacionadas» y que «las empresas que para afrontar los retos medioambientales desarrollan respuestas innovadoras se benefician medioambiental y económicamente» (*ibid*, p. 17).

Doce años antes del trabajo de Porter, una investigación del MIT había demostrado este concepto con pruebas empíricas. Este trabajo mostraba cómo las normas estrictas y bien enfocadas de las industrias estadounidenses que producían y utilizaban productos químicos favorecían innovaciones fundamentales en los productos y a los procesos (Ashford *et al.*, 1985). Los estudios del MIT revelaron que si las regulaciones medioambientales y sobre salud y seguridad, se elaboran, aplican y complementan óptimamente con incentivos económicos, pueden dar lugar a avances tecnológicos radicales que permiten reducir significativamente la exposición a productos químicos tóxicos en entornos naturales y de trabajo y en los productos de consumo (Strasser, 1997). Entre los diversos ejemplos, se incluyen la sustitución, impulsada por el cumplimiento de la regulación, de bifenilos políclorados utilizados en transformadores por un aceite de silicona, un nuevo proceso de polimerización del cloruro de polivinilo, y una innovación en el proceso de tejido que elimina la necesidad de utilizar una resina que contiene formaldehído y que transmitía propiedades de planchado

permanentes al tejido (Ashford y Heaton, 1983; Strasser, 1997).

Uno de los puntos débiles de la hipótesis de Porter es que se centra en cómo las empresas establecidas responden ante normas estrictas, ignorando la importancia que tienen las dinámicas generadas por las nuevas empresas (van de Poel, 2000). Porter y Van den Linde (1995a, 1995b) sostienen que la regulación, si se elabora correctamente, puede hacer que una empresa regulada lleve a cabo innovaciones que no solo reduzcan la contaminación, lo cual es la característica distintiva de la ineficiencia productiva, sino que también ahorren en gastos de material, agua y energía, aportando lo que Porter llama «compensaciones de la innovación» a la empresa innovadora (lo que Ashford denomina «beneficios adicionales»). Esto puede ocurrir porque la empresa, en un momento dado, es subóptima. Si la empresa es pionera en cumplir las normativas de manera inteligente, otras empresas deberán apresurarse más adelante para cumplirlas y lo harán de manera menos reflexiva y más costosa. Por tanto, actuar pronto y en primer lugar proporciona ventajas en la «curva de aprendizaje».

Porter se centra en las compensaciones de la innovación, es decir, los ahorros de costes derivados de la innovación inducida que podrían superar el coste de cumplir la regulación (Porter y van den Linden, 1995a, 1995b), y esto refleja que se preocupa principalmente por los costes de las empresas establecidas. Desde esta perspectiva, se puede establecer una doble lectura, «débil» y «fuerte», de la hipótesis de la innovación inducida por la regulación (Ashford, 1999), una distinción que no realiza Porter. En su lectura débil, Porter defiende que las empresas sujetas

a una regulación más estricta responden con innovaciones incrementales (o sustentadoras) de producto y proceso. Por tanto, mientras puedan aplicarse mejoras en el medio ambiente, la salud y la seguridad del trabajador; los procesos y productos infractores permanecen intactos aunque en un estado más eficiente, más ecológico.

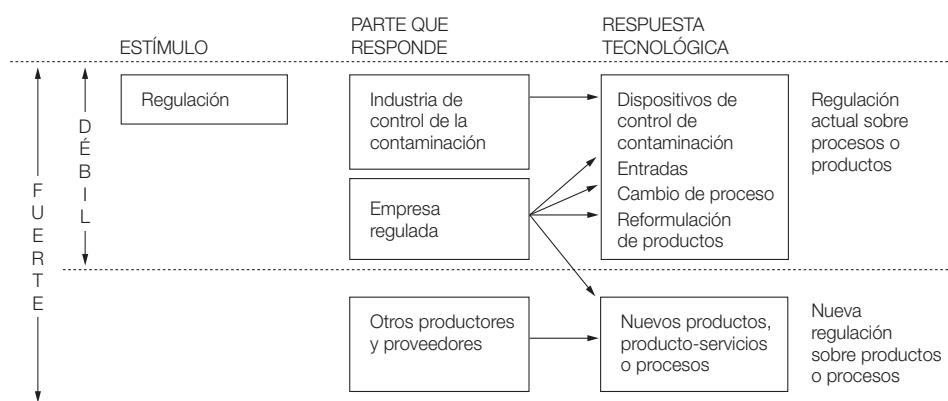
En la lectura fuerte de la hipótesis sobre la innovación inducida por la regulación, Ashford defiende que una regulación estricta puede promover la entrada de productos y procesos completamente nuevos en el mercado, desplazando así a las tecnologías dominantes. En esta situación, las empresas establecidas, a menos que tengan el deseo y la capacidad para producir y competir con las nuevas formas

de tecnología, también serán probablemente desplazadas del mercado (Christensen, 1997). En el gráfico n.º 2, se muestra un sencillo esquema sobre las posibles respuestas tecnológicas ante las lecturas fuerte y débil de la hipótesis de la innovación inducida por la regulación. Los ejemplos con base empírica fueron investigados por Ashford y sus colegas en su trabajo conjunto.

Aunque existen ciertas dudas sobre si la regulación medioambiental genera un efecto positivo en la innovación (Jaffe y Palmer, 1997; Robinson, 1995; Walley y Whitehead, 1994), sus análisis tienden a olvidar lo fundamental de la lectura «fuerte» de la hipótesis de la innovación inducida por la regulación. Aunque es probable que una regulación estricta no fomente la in-

Gráfico n.º 2

Modelo de cambio tecnológico inducido por la regulación para las formas 'débiles' (Porter) y 'fuertes' (Ashford/MIT) de la hipótesis sobre la innovación inducida por la regulación



Fuente: Adaptado de Asford (2000).

novación tecnológica en la mayoría de las empresas, algunas asumirán el desafío y se convertirán en líderes tecnológicas del proceso. De ahí que «la evidencia es necesariamente anecdótica» (Ashford, 1999; p. 3). El concepto de Schumpeter sobre las «olas de destrucción creativa» que dan lugar a posteriores avances en el desarrollo tecnológico describe el proceso por el cual las tecnologías dominantes están siendo constantemente desplazadas a medida que hay nuevas tecnologías disponibles. El reto al que se enfrenta el gobierno es cómo retirar (o desplazar) tecnologías actuales no deseables mediante la combinación de regulación e incentivos de mercado. Estas ideas cuestionan, por tanto, la idea de que las empresas establecidas pueden reinventarse de manera significativa y deberían jugar un papel importante a la hora de establecer los objetivos para elaborar futuras regulaciones, no estableciendo objetivos que no prevén o no pueden cumplir.

En Gunningham y Sinclair (1999), se presenta una visión opuesta sobre la lectura «fuerte» de la hipótesis sobre la innovación inducida por la regulación. Estos autores defienden que «el papel más adecuado de la regulación gubernamental consiste en advertir a las empresas que se encuentran al margen de que deben producir de manera más limpia, concienciarles aún más sobre las cuestiones medioambientales y animarles a reordenar sus prioridades corporativas para recoger los beneficios de un rendimiento medioambiental optimizado» (*ibid*, p. 883). Gunningham y Sinclair (1999) no están de acuerdo con la idea de que una regulación más estricta es la mejor manera de fomentar el desarrollo de tecnologías medioambientales y presentan una serie de opciones de políticas me-

nos entorpecedoras que la regulación. En su marco político, solo se defiende el uso de la regulación como último recurso, en el caso de que los pactos entre la industria y el gobierno y la presión de los grupos medioambientales, por ejemplo, fracasen y no se inicie la innovación ni la mejora medioambiental.

Con respecto a la lectura débil de la hipótesis sobre la innovación inducida por la regulación, las políticas medioambientales ambiciosas de las naciones desarrolladas pueden ocasionar la creación de «mercados pioneros» en tecnologías medioambientales (Jänicke y Jacob, 2005). Sin embargo, las pruebas sugieren que «la difusión internacional de las innovaciones medioambientales debe ir acompañada de una difusión internacional de políticas, o la adopción, de la innovación inducida por parte de otros países debe ser económicamente razonable» (Beise *et al.*, 2003; p. 1). Ambos factores hacen que resulte difícil predecir con cierta seguridad si una política medioambiental ambiciosa puede crear un mercado pionero para la difusión internacional de innovaciones (que dé lugar a la modernización ecológica). La incertidumbre que rodea a los posibles impactos que una regulación medioambiental —y sobre la salud y la seguridad— más estricta pueda tener en las industrias nacionales es considerada como uno de los motivos por los que los gobiernos duan en poner en práctica dichas políticas (Blazejczak y Edler, 2004).

En un estudio realizado en cinco países sobre la eficiencia de varias intervenciones gubernamentales conocidas conjuntamente como «política industrial», la investigación del MIT descubrió, paradójicamente, que la única política gubernamental que afectaba a la innovación era la regulación medioam-

biental, sobre salud y sobre seguridad y no las estrategias ideadas por el gobierno como parte de su política industrial (Allen *et al.*, 1978).

Además, los efectos de la regulación en la innovación resultaron ser positivos, no negativos como preveía la opinión convencional en aquella época.

Una regulación estricta puede promover la incorporación de procesos y productos totalmente nuevos en el mercado a través de nuevas empresas, mediante la actuación de las empresas existentes, que reemplazarían las tecnologías dominantes en lugar de transformarlas. Uno de los claros ejemplos es el reemplazo de los PCB de Monsanto en los transformadores y capacitadores por un fluido dieléctrico totalmente diferente y creado por Dow Silicone. Por tanto, la regulación puede promover innovaciones disruptivas al otorgar más influencia a nuevas redes de valores o clientelas donde las demandas de mejoras en calidad medioambiental y cohesión social están más claramente definidas y articuladas. Por supuesto, se prevé que las industrias que temieran ser desplazadas por nuevas empresas no recibirían con agrado esta regulación. Esto explica en parte su resistencia a la regulación y su tendencia a procurar acaparar regímenes reguladores subrepticiamente o mediante la negociación directa (Caldart y Ashford, 1999).

En principio, la regulación puede constituir un instrumento efectivo y adecuado para que el Gobierno oriente el proceso de innovación. Una regulación bien diseñada y que establece nuevas normas cambia el marco institucional del mercado y puede ser un elemento importante a la hora de crear las condiciones favorables para una innovación que podría aumentar la soste-

nibilidad medioambiental y crear incentivos para desarrollar potentes mercados líderes que orientarían la innovación hacia la sostenibilidad (Jaenicke y Jacob, 2004). Con respecto a la regulación, lo que parece preocupar no sólo es el rigor, el modo (especificación frente a rendimiento), los calendarios, la incertidumbre, el enfoque (aportaciones frente a producto frente a proceso) de la regulación y la existencia de incentivos económicos complementarios, sino también el carácter innovador inherente (normalmente en nuevas empresas) o la falta de dicho carácter (normalmente en las empresas reguladas) (Ashford y Heaton, 1983; Ashford *et al.*, 1985). En el análisis de Porter, no se aprecia la importancia de las nuevas empresas en el cambio tecnológico.

Para que se produzca la innovación, la empresa (o el propio gobierno) debe tener la buena disposición, la oportunidad/motivación, y la capacidad para innovar (Ashford, 2000). Por supuesto, estos factores influyen entre sí pero cada uno viene determinado por otros factores más básicos.

La buena disposición está determinada por 1) las actitudes frente a los cambios generales en la producción, 2) la comprensión del problema, 3) el conocimiento sobre posibles opciones y soluciones, y 4) la capacidad para evaluar alternativas. La mejora (3) implica la incorporación de aspectos del desarrollo de capacidades mediante la difusión de información, las asociaciones comerciales, los programas educativos financiados por el gobierno, contactos entre empresas, y similar. Para cambiar las actitudes hacia cambios en la producción (1) se suele depender de las posturas de los directivos así como de la amplitud de la cultura y estructura de

la empresa, que pueden frenar o promover la innovación y la asunción de riesgos. Los factores (2) y (4) dependen de las capacidades intelectuales internas. En el contexto de la innovación disruptiva desarrollada en empresas que representan la tecnología dominante, la buena disposición también viene configurada por el escaso compromiso de la dirección para fomentar nuevos enfoques que están en desacuerdo con su red de valores tradicionales o su clientela.

La oportunidad y la motivación ponen en juego factores del lado de la oferta y del lado de la demanda. En el lado de la oferta, puede haber lagunas tecnológicas entre la tecnología utilizada en un momento concreto por una empresa y la tecnología disponible y que podría adoptarse o adaptarse (conocidas como difusión o innovación incremental, respectivamente), o también la tecnología que podría desarrollarse (innovación sustentadora o rupturista importante).

Si las empresas fueran conscientes de estas lagunas tecnológicas, se animarían a cambiar sus tecnologías y tendrían la oportunidad de ahorrar en costes. Los requisitos reguladores también podrían definir los cambios que habría que hacer para mantenerse en el mercado. En el lado de la demanda, hay tres factores que podrían empujar a las empresas hacia el cambio tecnológico, ya sea la difusión, la innovación incremental o una innovación de mayor alcance. Estos son 1) las oportunidades para ahorrar en costes o aumentar las ventas, 2) la demanda pública de industrias, productos y servicios más seguros y ecológicos, y 3) demandas y presiones de los trabajadores a raíz de las preocupaciones por las relaciones industriales. El primer factor podría deberse a los cambios en las

redes de valores del cliente. Sin embargo, todos estos factores pueden promover el cambio demasiado tarde en las empresas con tecnología dominante si hay nuevas empresas que ya han aprovechado la oportunidad de desarrollar innovaciones rupturistas (*disruptive innovations*).

La capacidad puede ser realmente el factor más importante y restrictivo y puede aumentar 1) comprendiendo el problema, 2) conociendo las posibles opciones y soluciones, 3) pudiendo evaluar alternativas, 4) disponiendo de aptitudes y capacidades para innovar, y 5) accediendo a agentes externos e interactuando con ellos. El aumento de conocimiento/aprendizaje (2) puede proporcionarse mediante la transmisión intencionada o no de conocimiento procedente de proveedores, clientes, asociaciones comerciales, sindicatos, trabajadores y otras empresas, así como de la literatura disponible. Las aptitudes básicas de la empresa (4) pueden mejorar gracias a formadores y educadores, trabajadores y directivos, de manera formal e informal, y mediante la creación intencionada de redes y alianzas estratégicas no limitadas necesariamente a un área geográfica, nación o régimen tecnológico.

La interacción con externos podría fomentar cambios más radicales y rupturistas. Este último método para aumentar la capacidad de las empresas de asumir el cambio tecnológico implica a nuevas empresas y actores externos con los que la empresa no ha sólidamente trabajado. La capacidad de cambio también puede estar influenciada por el carácter innovador (o la falta del mismo) de la empresa según lo determinan la madurez y rigidez tecnológica de una línea de producción o productos concreta (Ashford, 2000; Ashford *et al.*, 1985). A algunas empresas les resulta

más fácil innovar que a otras. Las industrias básicas y pesadas, que a veces también son las más contaminantes, inseguras y que emplean muchos recursos, cambian con gran dificultad, especialmente cuando se trata de procesos centrales. Las nuevas industrias, como la fabricación de ordenadores, también pueden ser contaminantes, inseguras (para los trabajadores) y requerir múltiples recursos y un importante uso energético aunque puede resultarles más fácil satisfacer las demandas medioambientales.

Si no viviéramos ni comerciáramos en un mundo cada vez más globalizado, podría bastar con integrar las políticas nacionales de industria, medio ambiente y empleo para lograr un desarrollo más sostenible. Sin embargo, el comercio influye en los resultados de los objetivos políticos nacionales, como la mejora del medio ambiente y la creación de una economía con empleos valiosos y gratificantes y con un poder adquisitivo suficiente, como se analiza en el siguiente apartado.

4. EL COMERCIO PUEDE BENEFICIAR O PERJUDICAR AL MEDIO AMBIENTE Y AL EMPLEO EN FUNCIÓN DE LA ESTRATEGIA ELEGIDA

Durante casi dos décadas se ha debatido si el propio comercio mejora o perjudica al medio ambiente de una nación determinada y este sigue siendo un asunto muy controvertido (Bhagwati, 1993; Daly, 1993). Por un lado, la proliferación a nivel mundial de productos químicos tóxicos, pesticidas y otras tecnologías proporcionados por los mercados globales plantea serios problemas. Por otro lado, en la me-

dida en que las naciones mejoren su situación económica, podrá haber más demanda e ingresos para aplicar las medidas de protección medioambiental. Existen pruebas de ambos escenarios. Pero, más allá del comercio de las tecnologías perjudiciales per se, el comercio tiene otros efectos duraderos en el medio ambiente y en el empleo, en función de la estrategia elegida.

La innovación tecnológica y el comercio pueden dar impulso a las economías nacionales de diferentes formas, en función de si el comercio se basa en la innovación o en el recorte de costes (Charles y Lehner, 1998). Charles y Lehner (1998) sostienen que «el tipo de innovación fundamental para crear empleo es aquel que desarrolla mercados en nuevas direcciones y crea nuevos mercados, fortaleciendo, por tanto, la economía de vanguardia». El medio ambiente es una de las áreas en las que se pueden desarrollar mercados. Como ha descrito Schumpeter, las empresas pertenecientes a las economías de vanguardia pueden explotar un monopolio temporal resultante de la calidad superior de sus productos y servicios (Schumpeter, 1939; 1962). Los sectores innovadores de las economías de industriales avanzadas han pasado, en los últimos diez a quince años, de sistemas de producción tecnocéntricos a sistemas antropocéntricos, que sacan más provecho de la inteligencia humana y están concebidos para promover la mejora y aprendizaje continuos. En lugar de una estrategia movida por los costes que exige unos costes reducidos en mano de obra, Charles y Lehner recomiendan que las economías industriales se encaminen hacia una estrategia movida por la innovación, que depende de un gran número de interconexiones humanas dentro de la

empresa que probablemente generarán aprendizaje organizativo, creatividad, nuevas ideas y empleos bien pagados. Una estrategia dirigida por la innovación también ofrece la oportunidad de modernizar y mejorar los productos, los procesos y los servicios.

La innovación tecnológica explota el potencial innovador de una nación, mientras que el recorte de costes suele ir asociado a una estrategia comercial impulsada por el deseo de explotar la capacidad de producción excedente de una nación. El rendimiento basado en la innovación aumenta gracias a la innovación tecnológica y el cambio de los mercados de productos, caracterizados por una producción fluida y competitiva. Las estrategias de reducción de costes mejoran gracias a mayores escalas de producción y automatización, caracterizadas normalmente por una producción monopolística rígida y madura. Las economías que pretenden explotar nuevos mercados internacionales pueden recoger beneficios a corto plazo procedentes de los ingresos de una producción en la que se ha utilizado el exceso de capacidad existente pero pueden terminar detrás de la curva tecnológica. Los mercados dirigidos por el rendimiento económico pueden obtener beneficios con mayor lentitud. No obstante, pueden durar más tiempo que los mercados impulsados por estrategias de reducción de costes. Las consecuencias para el medio ambiente y para los trabajadores también pueden ser diferentes.

La competitividad en rendimiento basada en la innovación ofrece oportunidades de mejora medioambiental y de aumento de aptitudes y creación de óptimas interconexiones hombre-tecnología, mientras que las estrategias de reducción de cos-

tes se centran en la producción ajustada (con eliminación de mano de obra y normalmente diseñadas sin tener en cuenta la salud, la seguridad y el rendimiento medioambiental), mercados laborales flexibles, y conocimiento cada vez más integrado en el hardware y el software más que en el capital humano. Las consecuencias para el medio ambiente y para los trabajadores son diferentes en cada una de estas dos estrategias. La primera estrategia puede dar lugar a tecnologías de producción medioambientalmente más sostenibles y también puede recompensar y fomentar la adquisición de aptitudes en muchos trabajadores, con los consiguientes beneficios financieros para estos. La segunda puede tratar de reducir los costes de mejora medioambiental y causar una división entre los trabajadores, algunos de los cuales deben necesariamente carecer de formación y otros muchos ven reducida su demanda de mayor formación. Se pueden aplicar diferentes estrategias nacionales que reflejen diferentes culturas y preferencias nacionales pero esto trae otras consecuencias, en función de en qué medida el comercio impulsa la economía.

La cambiante economía global presenta retos para todas las naciones ya que la preocupación por el número de puestos de trabajo, estabilidad laboral, salarios, salud y seguridad laborales aumenta y compite en atención con las cuestiones medioambientales y energéticas. El comercio influye en los resultados de otros objetivos políticos nacionales por lo que hace falta integrar las políticas comerciales en las iniciativas centradas en el desarrollo industrial, la energía, el empleo, el medio ambiente y la salud pública y laboral, que se analizan después del próximo apartado (Diwan y Walton, 1997; Ekins *et al.*, 1994).

5. ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN GUBERNAMENTAL

El gobierno debe desempeñar un importante papel pero no puede limitarse a ser árbitro de los actuales intereses competidores porque ni las generaciones futuras ni las futuras tecnologías están bien representadas por los *stakeholders* actuales. El gobierno debe trabajar con estos últimos para definir objetivos a largo plazo pero sin dejar que la agenda sea acaparada por las partes establecidas. Posteriormente, el gobierno debe aprovechar su posición como agente fiduciario para representar a futuras generaciones y tecnologías con el fin de «hacer un proceso de *backcasting*» sobre qué políticas concretas hacen falta para generar las transformaciones técnicas, organizativas y sociales necesarias. Al asumir este papel, el gobierno va más allá de ser un árbitro de conflictos de intereses existentes. Asumir la administración significa tener en cuenta intereses de dichas tecnologías y personas del futuro que aún no son partes del proceso político, así como aquellas actuales pero que no están suficientemente representadas. El proceso necesario deberá realizarse a partir de una variada retrospeción de una generación futura. Debe ir más allá de su visión histórica sobre la coordinación de políticas del sector público y privado. Debe ser multidimensional y debe abordar directamente la actual fragmentación de las funciones estatales, abordando las diferentes necesidades sociales importantes no solo a nivel nacional sino también a nivel regional en naciones aliadas como es el caso de la Unión Europea, y a nivel internacional mediante acuerdos medioambientales y laborales multilaterales y en el marco de regímenes comerciales revisados como la Organiza-

ción Mundial del Comercio (OMC) y el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN).

Los diferentes determinantes de la buena disposición, la oportunidad y la capacidad analizados en el apartado 3 anterior ofrecen diversos puntos de partida para elaborar políticas gubernamentales destinadas a estimular la innovación tecnológica y organizativa con el fin de conseguir un sistema industrial más sostenible. Esto supone una oportunidad y también un problema. La oportunidad reside en que el gobierno no necesita depender de unos pocos instrumentos específicos sino que dispone de toda una serie de instrumentos como los siguientes: el rendimiento directo para I+D, el apoyo económico de I+D en el mundo académico e industrial mediante becas, subvenciones e incentivos fiscales; la eliminación de barreras reguladoras a la innovación; el fomento de la innovación fijando los precios correctos para los recursos naturales, incluida la energía, la utilización de la regulación gubernamental para fomentar una innovación medioambiental, más segura y generadora de empleo; la contratación e inversión para desarrollar *nuevos mercados*, promover la transmisión de conocimiento de las universidades a pequeñas y medianas empresas, la aplicación de programas proactivos de educación y formación de los empleados para crear una economía basada en el conocimiento, y animar a la dirección y la plantilla de una empresa a negociar antes de planificar y aplicar cambios tecnológicos. Y, por último pero no por ello menos importante, actividades culturales para aumentar la transparencia y el deseo de introducir cambios (Ashford, 2000).

La política fiscal puede ser especialmente importante. Otros han exigido el

pago de impuestos por los aspectos negativos (como la contaminación) y no por los aspectos positivos (como el empleo). Pero, incluso dentro del sistema actual, se pueden diseñar cambios menos atrevidos pero importantes y aplicarlos a los incentivos. Por ejemplo, si se desea más empleo, la financiación del desempleo y la indemnización a los trabajadores a partir de las cantidades per cápita (trabajador) que deben pagar los empleadores generan desincentivos para contratar a nuevos trabajadores. Esto podría sustituirse con un impuesto sobre las ventas o los beneficios.

Asimismo, proporcionar una amortización fiscal acelerada para los procesos industriales más seguros y menos contaminantes y para la tecnología que reduce lesiones incentivaría una tecnología más limpia y segura que la dirigida a controlar la contaminación de «final de tubería». Pero ambos escenarios requieren cambios en las leyes y los reglamentos. Para que la ley y la regulación tengan el efecto estimulador necesario, deben garantizar un giro en las decisiones estratégicas a medio y largo plazo de la industria y de las entidades gubernamentales (estatales y locales). Por tanto, la suspensión temporal o a corto plazo de los «impuestos sobre las nóminas» puede no dar lugar a cambios en el empleo.

Por muy difícil que resulte transformar las economías industriales hacia sistemas medioambientalmente más sostenibles, los retos inherentes a la creación de empleo más satisfactorios, gratificantes y seguros con mejoras en el poder adquisitivo son aún mayores. La simple actitud de desarrollar estrategias de estímulo económico para promover el crecimiento no sirve mucho a la hora de crear más empleo, es-

pecialmente porque sustituir las viejas instalaciones por unas nuevas suele producir un recorte de empleos, y la ecologización de la economía (sin prestar atención al rediseño de empleos) puede reportar solo un pequeño «doble dividendo». Por tanto, muchos exigen una reducción de horas de la semana laboral estándar para distribuir el trabajo disponible o incluso aumentar la demanda de empleo pero, como es poco probable que los trabajadores puedan conseguir el mismo salario real por menos trabajo y debido al impuesto sobre las nóminas que refleja la financiación de prestaciones sociales, los empleadores, y también los trabajadores actuales, se inclinan mucho más por promover las horas extras en lugar de contratar a nuevos trabajadores. Por otro lado, los trabajadores probablemente exigirán salarios por hora más elevados para una semana laboral más reducida con el fin de mantener constante el ingreso salarial o buscarán un segundo empleo, lo que generará una rotación de personal y desempleo neto en algunos grupos. Por este motivo, la adopción, en Francia, de la semana laboral de 35 horas no tuvo mucho éxito ya que no se vio afectado el nivel de empleo general (Estevão y Sá, 2008). Harán falta una política a más largo plazo y cambios culturales y sociales.

Los países desarrollados (y los expertos de dichos países) están muy divididos en cuanto a si el gasto keynesiano para estimular la economía con el fin de crear empleo y aumentar el consumo es lo que hace falta para abordar el bajo crecimiento económico y el elevado desempleo, o si se deben elaborar normas laborales más flexibles que permitan aumentar los salarios o relajar las prácticas de contratación/despido. Alemania estableció políticas laborales más li-

berales pero también la «Kurzarbeit» (empleo reducido) por la que se animaba a los empleadores a conservar a los trabajadores aunque con permiso o un calendario de trabajo más corto y recortes salariales compensados mediante una financiación estatal que los empleadores habían favorecido en tiempos mejores (Kulish, 2010). Una especie de «milagro alemán» da lugar a una tasa de crecimiento anualizado del 9% basado en el crecimiento del segundo trimestre de 2010. Esto refuerza la idea de que la protección directa de los empleos, más que las políticas fiscales y monetarias indirectas, puede ser una mejor opción.

La disminución de la demanda de consumo de productos y servicios que requieren un importante uso material y energético probablemente no reducirá el desempleo o el subempleo, pero dicha reducción sería posible con mayor capital humano, más que físico. Durante años el capital ha reemplazado al trabajo en la producción de bienes y servicios. Siempre que la industria reestructura sus modos de producción o sistematiza su provisión de servicios a través de menús, aprovecha la oportunidad de deshacerse de mano de obra y requiere menos trabajo basado en conocimiento por parte de sus empleados. Por supuesto, la provisión de bienestar a los desempleados o subempleados debe ser pagada en última instancia desde el presupuesto público (o desde el déficit), lo cual debe apoyarse en los impuestos a empresas, consumidores y trabajadores. El rediseño de los modos de producción y de servicios con un mayor uso de fuerza de trabajo puede ser efectivo en relación a los costes, rompiendo viejas tendencias. Este nuevo modo de producción tendrá también beneficios sociales porque empleará capital humano no utilizado.

Además, en lugar de que un hogar gaste sus ingresos disponibles en bienes y servicios que requieren un importante uso material y energético, superando las necesidades básicas, las personas podrían dedicarse a ofrecer servicios que empleen capital mayoritariamente humano, como tutores, profesores de idiomas, profesores de música y arte, asesores financieros y personas dedicadas a ofrecer otros servicios sociales. Además, aumentar la proporción profesor-alumno en los colegios sería un punto de partida importante. (Aunque el debate sobre la reforma educativa integral no es objeto de análisis en este trabajo, consideramos que es esencial. Si se basa la financiación de las escuelas en los impuestos a la propiedad que impone la «propuesta del dos y medio», debieran eliminarse las restricciones a favor de una financiación federal de la educación).

El efecto multiplicador de emplear capital humano en lugar de físico o natural puede ser importante. Para aumentar la demanda de capital humano en este contexto, harían falta, sin duda, importantes cambios culturales a medio y largo plazo y las grandes corporaciones que han organizado los medios actuales de producción impulsadas por las economías de escala y que emplean la publicidad para crear una demanda artificial estarían probablemente menos interesadas en «vender» estos servicios.

La inversión en una mejor educación y en la formación continua es fundamental para lograr un cambio cultural y orientar la demanda hacia el uso de más capital humano. Una formación más multidisciplinar de profesionales también aportaría beneficios. Estos profesionales podrían posteriormente abordar los problemas de

la economía, el medio ambiente, la salud pública y el empleo de manera más sistemática e integral.

Aunque los gobiernos disponen de muchos instrumentos, sería poco razonable esperar que estos puedan desempeñar un papel decisivo a la hora de «construir futuros». En los procesos de transformación industrial, hay un alto grado de incertidumbre y descubrimiento no intencionado de elementos y las perspectivas a largo plazo quizá no puedan definirse suficientemente para sugerir trayectorias evidentes para las transformaciones necesarias. En lugar de intentar gestionar con precisión los caminos de las transformaciones que son sostenibles, el papel del gobierno sería más acertado si fuera el de permitir o facilitar el cambio, concediendo al mismo tiempo un liderazgo visionario para cooptimizar el desarrollo económico, el medio ambiente y el empleo. Esto implica que las diferentes políticas deben reforzarse mutuamente.

Esta nueva función de liderazgo, centrada en «abrir el espacio de los problemas del ingeniero/diseñador» (Allen *et. al.*, 1978) para abordar múltiples objetivos y diseñar soluciones, requerirá probablemente la participación de más de un ministerio y más de una división de la empresa industrial, y la ayuda de profesionales formados de manera más multidisciplinar (véase Ashford, 2004). El diseño multifuncional es exactamente lo que hace falta para provocar cambios en el sistema. Aunque presenta más limitaciones, la búsqueda de múltiples objetivos también requiere más flexibilidad a la hora de cambiar componentes o características de un producto o proceso y, por tanto, brinda diferentes oportunidades de optimización de cada uno de los objetivos buscados de

manera independiente. También es probable que se requiera bastante participación ciudadana y apoyo social para las iniciativas rompedoras y transformadoras. Las mejoras de «factor 10»⁶ o de mayor grado dependen de la flexibilidad del diseño más que de cambiar una pequeña cantidad de componentes dejando otros inalterados. Un buen ejemplo puede ser la realización de cambios en el diseño y configuración del motor de cara a mejorar tanto la seguridad ante posibles colisiones como la eficiencia del combustible; esto supone que el motor del automóvil se monte de manera diferente, lo que deja más espacio para el movimiento del pistón, aportando mayores ratios de compresión.

6. INTEGRACIÓN DE LAS POLÍTICAS INDUSTRIALES, MEDIOAMBIENTALES Y COMERCIALES

En el mejor de los casos, los gobiernos nacionales coordinan pero casi nunca integran su planificación de políticas y los procesos de aplicación, aunque es precisamente la integración el elemento clave del éxito. La integración supone algo más que una coordinación. Las iniciativas, políticas e instrumentos del gobierno deben integrarse de manera sistemática o generarán diversos efectos contradictorios y opuestos que, en lugar de cooptimizar, «pondrán en peligro» múltiples objetivos, como suele ocurrir cuando no hay una política pública coordinada. La coordinación eficaz de varios instrumentos políticos suele ser una tarea compleja que supera las capacidades de los gobiernos. El verdadero reto, sin

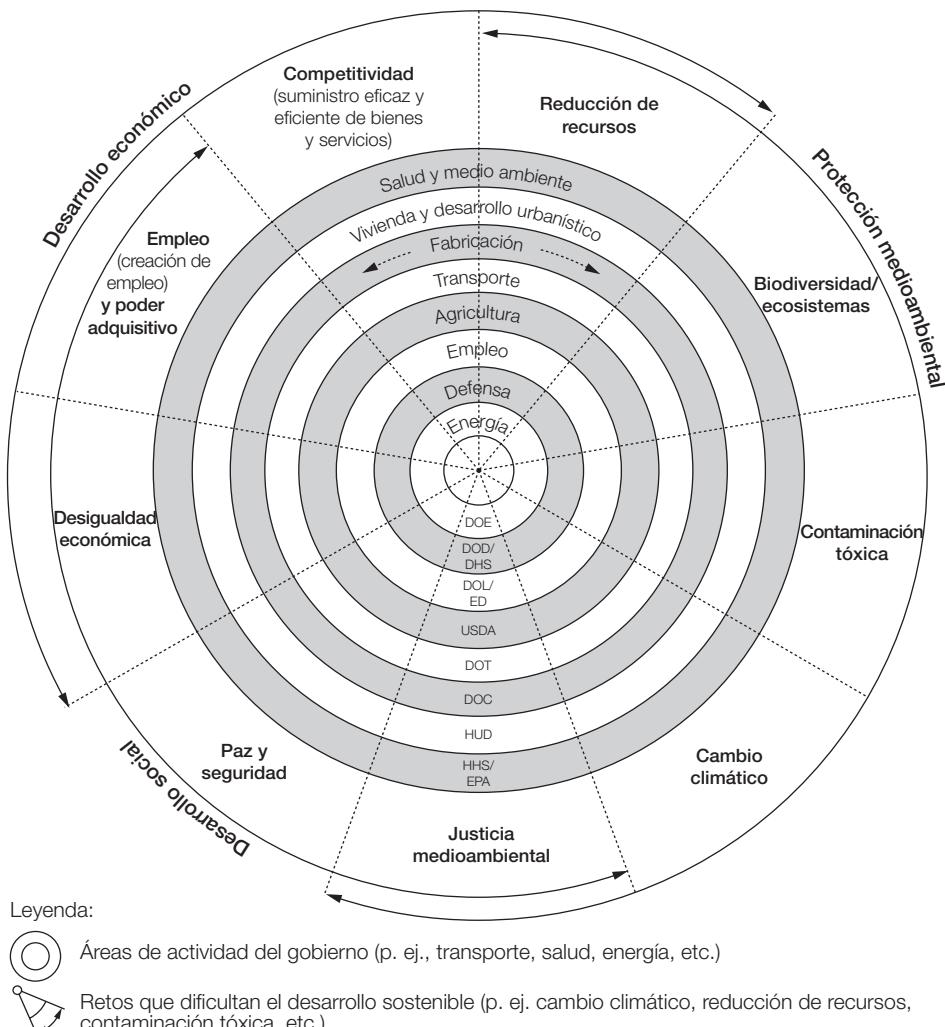
⁶ Que tienen un impacto de reducción de diez veces en los recursos utilizados.

embargo, es ir más allá de la coordinación y encontrar modelos y métodos efectivos para integrar de forma sistemática un con-

junto complejo de instrumentos cuyos impactos son también complejos. En el gráfico n.º 3, se describen las áreas de las

Gráfico n.º 3

Esquema de las áreas de las iniciativas y programas gubernamentales que exigen una integración de políticas



iniciativas y programas del Gobierno de los Estados Unidos. Las diferentes «porciones» de la figura hacen referencia a las diferentes áreas en las que entra en juego la sostenibilidad mientras que los círculos concéntricos identifican las áreas de autoridad y responsabilidad gubernamental en el contexto estadounidense (agencias y departamentos). La figura puede adaptarse fácilmente a otros sistemas nacionales. Podría haber tres diagramas tipo «diana» diferentes: para la actividad gubernamental nacional, regional/estatal y local.

La integración requiere 1) abordar múltiples objetivos (p. ej., desarrollo económico, empleo, medio ambiente y salud pública) en la misma legislación o, al menos, aprobar un grupo de leyes complementarias de forma paralela, 2) planificar iniciativas reguladoras y programáticas con participantes de diferentes autoridades gubernamentales, y 3) reflexionar sobre la monitorización y aplicación simultánea o por fases implicando a diferentes autoridades gubernamentales. Lo mejor sería que la integración consista en fusionar ministerios o, al menos, aumentar la porosidad de las paredes departamentales pero lo primero es probablemente más una esperanza de futuro que algo que pueda lograrse a corto plazo.

La integración encontró su primera materialización seria en la integración de la política medioambiental (*Environmental Policy Integration-EPI*) como consecuencia del Informe Brundtland [WCED, 1987], que consideraba el aspecto medioambiental como una prioridad que debía tener la misma importancia que los aspectos económico y social. La Agenda 21, que surge de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo celebrada en Río en 1992, aprobó la in-

tegración de las cuestiones económicas, sociales y medioambientales para favorecer el desarrollo (CNUMAD, 1992, Capítulo 8.4). En principio, la EPI ha tenido un éxito desigual. Los avances más impresionantes se produjeron en algunos países de la Unión Europea (UE) (Jordan y Lenschow, 2010). La UE colocó el medio ambiente en el centro de sus recientes tratados en favor de la Unión pero tuvo que retroceder al aprobar la Estrategia de Lisboa de la Unión Europea para promover el crecimiento económico sostenible (a través de la competitividad) y el empleo, sin olvidar el respeto al medio ambiente (http://ec.europa.eu/growthandjobs/index_en.htm). Las cuestiones económicas volvieron a ganar importancia lentamente y ahora han encontrado una posición más favorable en el frágil equilibrio entre diferentes ámbitos, especialmente después de la crisis económica de 2008. Jordon y Lenschow comentan que «en general, los nuevos gobiernos de centro derecha han tendido a apostar al máximo por la EPI mientras que los gobiernos de centro izquierda han frenado e incluso desmontado los instrumentos y marcos EPI» (Jordan y Lenschow, 2010; p. 151). Estos autores observan que «a menos que haya un profundo compromiso por ofrecer una EPI mayor o un incentivo sólido, por ejemplo, en forma de mejoras profesionales, la integración simplemente no se produce». Añaden además que un aprendizaje o un cambio de conciencia parecen tener lugar como respuesta a las crisis políticas (por ejemplo, aceleración del cambio climático) en lugar de producirse el impacto combinado de diferentes instrumentos EPI (Jordan y Lenschow, 2010; p. 154).

El reto de integrar programas ocurre entre diferentes ámbitos, los diferentes tipos

de autoridad, y las agencias/autoridades a diferentes niveles de gobierno. En la fragmentación tradicional de las misiones del gobierno, se pueden producir muchos conflictos filosóficos, sobre objetivos y sobre zonas de influencia. Por eso, es fundamental contar con un sólido liderazgo desde arriba, apoyado de forma multidisciplinar por personas bien cualificadas, para optimizar la congruencia de las políticas y el reforzamiento mutuo. La co-optimización, más que el equilibrio, establece una distinción entre esta perspectiva y el compromiso (Ashford y Hall, 2011).

Es indispensable integrar los objetivos en las acciones del gobierno (y el sector privado) para lograr mayores avances en desarrollo sostenible y esto va acorde con la idea de que el viaje hacia la sostenibilidad es un proceso más que un estado final concreto. En última instancia, es mejor reestructurar radicalmente las necesidades del gobierno para que reflejen las realidades del nuevo milenio. En lugar de contar con departamentos y ministerios separados según diferentes áreas tradicionales como el medio ambiente, la salud, el comercio, la industria, la energía, el transporte, etc., las estructuras gubernamentales deben centrarse en áreas problemáticas en las que hay cuestiones que coinciden y que unos super-ministerios más amplios podrían supervisar, como uno de bienestar económico y social, o uno dedicado al comercio y las relaciones internacionales. La legislación afín a las agencias tradicionales necesita una revisión para que refleje la ampliación de los objetivos y los cambios. Dado que la actual infraestructura de gobierno no cambiará probablemente a corto ni medio plazo, ¿de qué otra forma se puede efectuar una integración útil?

La integración debe tener en cuenta las tesis fundamentales avanzadas expuestas en este artículo hasta ahora:

1. Hacen falta grandes cambios tecnológicos, organizativos, institucionales y sociales más allá de los avances incrementales para lograr mejoras de factor 10 en cuanto a uso energético y de materiales; reducciones adecuadas en la exposición a sustancias tóxicas; múltiples oportunidades para obtener un empleo estable, gratificante y valioso con un poder adquisitivo adecuado; y un nivel y distribución óptimos de bienestar económico. Tales mejoras requieren cambios más sistémicos, multidimensionales y rupturistas.
2. Estos cambios requieren cambios en el sistema que «extienden el espacio del problema» del responsable político al cooptimizar avances, por ejemplo, logrando beneficios mutuos de manera simultánea en la esfera del empleo, la economía y el medio ambiente.
3. Para lograr transformaciones hacia un sistema económico más sostenible, hace falta una regulación estricta sobre el mercado laboral y la protección del sector bancario, el medio ambiente y la mano de obra y también es necesario regular el comercio, la publicidad y las transacciones financieras. Los enfoques de mercado *laissez faire* no son adecuados.
4. A estas deben añadirse las reflexiones relativas a las iniciativas de integración de políticas *per se*.
5. Aunque los avances incrementales no son adecuados según se expresa

en el punto (1) anterior, en la práctica se pueden conseguir importantes avances no incrementales mediante una integración buscada deliberadamente, aunque sea poco a poco, conectando intervenciones clave, políticas y misiones de las agencias con relación a una esfera política determinada.

Por ejemplo, para promover tecnologías energéticas y empleos verdes, hace falta covisualizar e implementar innovaciones industriales, intervenciones del lado de la demanda de energía y la integración de políticas del mercado laboral. Existen ejemplos de integración de políticas en el gobierno. La integración del ahorro de combustible y las emisiones queda palpable en el trabajo conjunto que realizan EPA (Environmental Protection Agency) y DOT (Department of Transportation). Desgraciadamente, un tercer elemento relativo a los vehículos a motor, el de la seguridad, no se ha integrado con éxito en dicho trabajo. En Holanda, hay una agencia para el medio ambiente y la ordenación del territorio. En Grecia, hay un único ministerio para el medio ambiente y la ordenación del territorio aunque dicho ministerio ha sido criticado por permitir ampliaciones de la utilización del suelo que han aumentado el número de incendios forestales. La integración de los asuntos en los mismos títulos de los objetivos no garantiza la integración de todas las áreas que requieren mutuos beneficios o logros.

5. El proceso de integración de las políticas debe dar cuenta del hecho

de que las naciones desarrolladas operan, especialmente ahora, en un mercado globalizado y, para integrar políticas de enfoque doméstico, hace falta incluir las políticas de comercio.

Por ejemplo, en Estados Unidos, se ha promovido el tratamiento hormonal del ganado para aumentar la producción de leche y acelerar el crecimiento y dicha política se ha dado de bruces con las sanciones comerciales de la Unión Europea. Esta situación afecta directamente a la competitividad en los mercados agrícolas pero también trae consigo déficit comerciales.

6. La integración de las políticas debe ser también de carácter internacional.

La Organización Mundial del Comercio (y otros regímenes comerciales) y la Organización Internacional del Trabajo abordan las cuestiones relacionadas con el comercio y el empleo, respectivamente. Los acuerdos multilaterales en materia de medio ambiente no están integrados ni coordinados. Por ejemplo, en cuanto al uso del principio de cautela, hay diferencias significativas en los acuerdos sanitarios y fitosanitarios y en el Protocolo de Bioseguridad. Se ha sugerido la creación de una Organización Mundial del Medio Ambiente que muestre una cara sobre la salud pública y el medio ambiente más uniformada y coordinada a nivel internacional. Pero hay que tener en cuenta que esto no contribuirá mucho a la integración de las cuestiones relativas al comercio, el empleo

y el medio ambiente. El comercio con productos comerciales está regulado por la Organización Mundial del Comercio, que depende de los principios de protección permisible de las cuestiones relacionadas con el medio ambiente y la salud pública que a veces discrepan con las cuestiones reflejadas en muchos acuerdos medioambientales multilaterales. Se ha propuesto también la creación de una Organización Mundial de la Sostenibilidad en lugar de contar con tres organizaciones internacionales independientes. Sea cual sea el resultado final de estas propuestas, las políticas nacionales deberán tener en cuenta el carácter globalizado de las principales preocupaciones.

Aunque las instituciones gubernamentales nacionales e internacionales se sometan a una reestructuración importante, hay varias vías para tomar decisiones y ejecutar los programas de gobierno de manera más integrada (Ashford y Hall, 2011).

7. El nivel de gobierno en el que mejor se lleva a cabo la integración (p. ej., gobierno federal/nacional, regional, estatal, urbano o local) puede depender de un objetivo sociotécnico determinado. Por ejemplo, está ampliamente reconocido que la ordenación del territorio, el transporte y la vivienda se integran mejor a nivel urbano o local mientras que la integración de la contaminación medioambiental, las exposiciones a sustancias en el lugar de trabajo y la seguridad de los productos se realiza mejor a nivel federal/nacional. Resulta mejor integrar la planificación

de nuevas industrias y las iniciativas de creación de empleo a escala regional e implicar a los departamentos de comercio y trabajo estatales o provinciales.

8. El liderazgo de la integración debe subrayarse en los niveles superiores de las unidades gubernamentales correspondientes y el rendimiento de los empleados del gobierno debe recompensarse teniendo en cuenta múltiples criterios, no solo aquellos relacionados con los objetivos tradicionales de la agencia en cuestión.
9. Los jefes de nivel superior y medio de las agencias, ya sea a nivel federal/nacional, regional o estatal, deberían rotar con frecuencia entre dichas agencias para que los intereses y el conocimiento especializado de múltiples cuestiones evolucionen constantemente. Por ejemplo, el jefe de los departamentos federal o estatal de comercio puede trasladarse a departamentos de trabajo y empleo. Es de esperar que este escenario suscite lentamente una planificación y una corriente de pensamiento multidimensionales y fomenta una actividad abierta hacia diferentes misiones, valores, perspectivas científicas y agencias.
10. Deberían crearse grupos de trabajo multidisciplinares formados por miembros de diferentes agencias que trabajen conjuntamente en períodos de 6 meses a 2 años sobre diferentes problemas sociotécnicos y problemas que requieren diferentes enfoques (por ejemplo, medio ambiente, salud pública y transporte).

11. Los empleados de diferentes agencias deben recibir formación continua que profundice en los conceptos relevantes a las actividades en las que participan varias agencias y dicha formación debe impartirse en sesiones grupales y talleres.

Deben fomentarse los experimentos conjuntos entre agencias, los fracasos deben aceptarse y se debe aprender de ellos. Otras iniciativas deben complementar las anteriores y, con un proceso de descubrimiento, deberían lograrse niveles óptimos y estructuras fructíferas. El punto de partida siempre será el deseo de alejarse de objetivos restringidos.

Para articular las perspectivas políticas sobre la sostenibilidad, hace falta algo más que comprender los retos para lograr la sostenibilidad vistos desde un contexto nacional. Las políticas de sostenibilidad integradas deben emplear, alterar o suplantar las actuales políticas (y las instituciones que las administran) en los ámbitos de la economía, el empleo, el medio ambiente y el comercio. No solo los gobiernos nacionales deben incluir las políticas de comercio en sus trabajos de integración sino que las esferas internacionales también deben integrar, por ejemplo, actividades que pertenecen tradicionalmente a la esfera del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, los secretariados de medio ambiente multilaterales, la Organización Internacional del Trabajo y la Organización Mundial del Comercio. No es de extrañar que se haya exigido la creación de una Organización Mundial del Desarrollo Sostenible que integre estas cuestiones a nivel supranacional.

Cuanto más dispares sean las funciones del gobierno (p. ej., crecimiento económico, empleo y comercio), más importante y desafiante resultará buscar la integración o se sufrirán las consecuencias de unos riesgos innecesarios.

7. CONCLUSIÓN

Este artículo contribuye a la literatura sobre desarrollo sostenible argumentando en direcciones diversas que se pueden resumir en las siguientes consideraciones.

La necesidad de grandes cambios tecnológicos, organizativos, institucionales y sociales de carácter sistémico, multidimensional y rupturista que superen los de tipo incremental para lograr mejoras de factor 10 en cuanto a uso energético y de materiales. Cambios además que trasciendan el espacio del problema que se plantea el responsable político para cooptar avances. Así logrará beneficios mutuos de manera simultánea en la esfera del empleo, la economía y el medio ambiente.

Si se quieren hacer realidad las grandes transformaciones hacia un sistema económico más sostenible, hacen falta cambios en la regulación. En particular, se precisa una regulación estricta sobre el mercado laboral, sobre el sistema financiero, del medio ambiente, el comercio y la publicidad, porque los enfoques de mercado inspirados en el *laissez faire* no son adecuados.

Desde el lado de las áreas políticas hay que promover una efectiva integración que evite su desconexión. Por ejemplo, para promover tecnologías energéticas y em-

pleos verdes, hace falta covisualizar e implementar innovaciones industriales, intervenciones del lado de la demanda de energía y la integración de políticas del mercado laboral. El actual enfoque consistente en trabajar únicamente en tecnología energética no optimizará los hábitos de consumo ni el empleo relacionado con la energía. El deseo de que los avances en tecnología energética den lugar a cambios positivos en la demanda y el empleo puede describirse como «línea de pensamiento orientada a la filtración» (*trickle-down thinking*). Además el proceso de integración de las políticas debe darse también internacionalmente y abarcar a las políticas comerciales.

Una gestión exitosa de la innovación rupturista de un producto requiere iniciativas e información de externos para ampliar el espacio de diseño que limita a las empresas tecnológicas dominantes (van de Poel, 2000). En sectores con una participación pública o colectiva importante como el transporte, la construcción y la agricultura, esto implica que las políticas gubernamentales inteligentes tengan que ocasionar los cambios necesarios.

El actual debate, entre imponer un impuesto considerable sobre el carbono que obligue a centrales eléctricas antiguas e ineficientes a salir del mercado energético y un programa para limitar y negociar las emisiones de carbono (*cap and trade*) que permita que las antiguas centrales eléctricas mantengan su negocio comprando créditos de contaminación, pone de manifiesto las diferencias existentes entre potenciar la modernización de las tecnologías energéticas y lograr soluciones rentables desde una perspectiva estática (véase Ashford y Caldart, 2008).

Las industrias inflexibles cuyos procesos se han estancado también se enfrentan a grandes dificultades a la hora de aumentar significativamente su carácter sostenible. El giro de productos a «servicios de productos» depende de cambios en el uso, ubicación y propiedad de los productos en los que los fabricantes maduros pueden participar pero para ello hace falta aplicar importantes cambios que impliquen innovaciones sociales (cliente) y en gestión. Los cambios en los «sistemas» socio-técnicos, como el transporte o la agricultura son aún más difíciles. Esto parece indicar que el uso creativo de la intervención estatal es un modelo estratégico más prometedor para lograr transformaciones industriales sostenibles que la dependencia de políticas más neoliberales como la reducción del impuesto sobre sociedades o proporcionar créditos fiscales para adoptar una tecnología ecológica que influyan en el interés económico propio más a corto plazo de las empresas sin que ello de lugar a cambios sociales u organizativos más profundos.

Esto no quiere decir que la mejora de las capacidades analíticas y técnicas de las empresas, los esfuerzos conjuntos y la mejor comunicación con proveedores, clientes, trabajadores, otras industrias y los grupos ecológicos/de consumidores/de la comunidad no sean complementos valiosos del proceso de transformación. Pero, en la mayoría de los casos, estos medios y estrategias no parecen ser suficientes en sí mismos para llevar a cabo transformaciones considerables y no funcionarán sin unos claros objetivos establecidos para optimizar el triple objetivo de desarrollo económico, mejora de la calidad medioambiental y mejora del empleo/condiciones laborales.

En opinión del autor, estas recomendaciones constituyen las condiciones necesarias y suficientes para transformar el estado industrial en un estado más sostenible. El

lector puede consultar numerosas publicaciones, donde encontrará análisis y propuestas más específicas (Ashford y Hall, 2011).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERNATHY, W.J. y K.B. CLARK (1985): «Innovation: mapping the winds of creative destruction» *Research Policy* 14(1): 3-22.
- ASHFORD, N.A. (ed.) (1976): *National Support for Science and Technology: An Examination of the Foreign Experience*, MIT Center for Policy Alternatives, CPA-75-12/volúmenes I y II, 15 de mayo de 1976.
- (1999) «Porter Debate Stuck in 1970s». *The Environmental Forum*, 3.
- (2000): «An Innovation-Based Strategy for a Sustainable Environment», en *Innovation-Oriented Environmental Regulation: Theoretical Approach and Empirical Analysis*, J. Hemmelskamp, K. Rennings, F. Leone (eds.) ZEW Economic Studies. Springer Verlag, Heidelberg, Nueva York, pp. 67-107.
- (2004): «Major Challenges To Engineering Education for Sustainable Development: What Has to Change to Make it Creative, Effective, and Acceptable to the Established Disciplines», *International Journal of Sustainability in Higher Education* 5(3), 239-250.
- G.R. HEATON *et al.* (1979): «Environmental, Health and Safety Regulations and Technological Innovation», en *Technological Innovation for a Dynamic Economy*. C.T. Hill y J.M. Utterback. Nueva York, Pergamon Press, Inc: 161-221.
- (1983): «Regulation and Technological Innovation in the Chemical Industry». *Law and Contemporary Problems* 46(3), 109-157.
- , C. AYERS *et al.* (1985): «Using Regulation to Change the Market for Innovation». *Harvard Environmental Law Review* 9(2), 419-466.
- , Wim HAFKAMP (eur), Frits PRAKKE y Philip VERGRAGT (2002): *Pathways to Sustainable Industrial Transformations: Optimizing Competitiveness, Employment, and Environment* Cambridge, Ashford Associates.
- y C.C. CALDART (2008): *Environmental Law, Policy, and Economics: Reclaiming the Environmental Agenda*. Cambridge: MIT Press.
- y R.P. HALL (2011): *Technology, Globalization and Sustainability*, Yale University Press.
- BEISE, M.; BLAZEJCZAK, J.; EDLER, D.; JACOB, K.; JANICKE, M.; LOEW, T.; PETSCHOW, U.; RENNINGS, K. (2003): «The Emergence of Lead Markets for Environmental Innovations» *Forschungsstelle für Umweltpolitik* (FFU): Berlin.
- BHAGWATI, J. (1993): «The Case for Free Trade», *Scientific American*, 269(5):42-49.
- (1997): «The Global Age: From a Skeptical South to a Fearful North». *The World Economy* 20(3), 259-283.
- BLAZEJCZAK, J.; EDLER, D. (2004): «Could Too Little and Too Much Turn Out to be Just Right? On the Relevance of Pioneering Environmental Policy». En *Governance for Industrial Transformation. Proceedings of the 2003 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change*, Jacob, K., Binder, M., Wiczkorek, A. Environmental Policy Research Centre: Berlín.
- CALDART, C.C. y N.A. ASHFORD (1999): «Negotiation as a Means of Developing and Implementing Environmental and Occupational Health and Safety Policy» *Harvard Environmental Law Review* 23(1), 141-202.
- CHARLES, T. y F. LEHNER (1998): «Competitiveness and Employment: A Strategic Dilemma for Economic Policy». *Competition and Change* 3(1/2), 207-236.

- CHRISTENSEN, C., J.M. UTTERBACK y F.F. SUAREZ (1998): «Strategies for Survival in Fast-Changing Industries». *Management Science* 44(12), S207-S220.
- CHRISTENSEN, C.M. (1997): *The Innovator's Dilemma*. Cambridge, Harvard Business School Press.
- CLEFF, T. y K. RENNINGS (1999): «Determinants of Environmental Product and Process Innovation» *European Environment* 9: 191-201.
- DALY, H.E. (1993): «The perils of free trade», *Scientific American*, 269(5): 50-54.
- DIWAN, I. y M. WALTON (1997): «How International Exchange, Technology and Institutions Affect Workers: An Introduction». *World Bank Economic Review* 11(1), 1-15.
- EKINS, P., C. FOLKE y R. COSTANZA, R. (1994), «Trade, environment and development: the issues in perspective» *Ecological Economics* 9(1), 1-12.
- ESTEVÃO, MARCELLO y FILIPO SÁ. (2008): «The 35-hour week», *Economic Policy* 23(55):417-463.
- FREEMAN, C. (1982): *The Economics of Industrial Innovation*. Londres, Frances Pinter.
- GUNNINGHAM, N.; SINCLAIR, D. (1999): «Integrative Regulation: A Principle-Based Approach to Environmental Policy.» *Law and Social Inquiry*, 24: 853-897.
- HEMELSKAMP, J., K. RENNINGS y F. LEONE (eds.), (2000): *Innovation-Oriented Environmental Regulation: Theoretical Approach and Empirical Analysis*, ZEW Economic Studies. Springer Verlag, Heidelberg, Nueva York
- JAFFE, Adam B., Steven R. PETERSON, Paul R. PORTNEY y Robert N. STAVINS (1995): «Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us?» *Journal of Economic Literature* 33 (1), 132-163.
- JÄNICKE, Martin y Jacob, KLAUS (2004): «Lead Markets for Environmental Innovations: A New Role for the Nation State» *Global Environmental Politics* 4(1), 29-46.
- JORDAN, A. y A. LENSCHOW (2010): «Environmental Policy Integration: A State of Art Review». *Environmental Policy and Governance*, (20)3: 147-158.
- KEMP, R. (1994): «Technology and Environmental Sustainability: The Problem of Technological Regime Shift.» *Futures* 26(10), 1023-1046.
- (1997): *Environmental Policy and Technical Change: A Comparison of the Technological Impact of Policy Instruments* Cheltenham, Reino Unido: Edward Elgar.
- KULISH, N. (2010): «Defying Others, Germany Finds Economic Success,» *New York Times*, 13 de agosto de 2010.
- LUITEN, E.E.M. (2001): *Beyond energy efficiency: actors, networks and government intervention in the development of industrial process technologies* Utrecht, Utrecht University.
- MONT, O. y LINDHQVIST, T. «The Role of Public Policy in Advancement of Product Service Systems», *Journal of Cleaner Production* 11 (2003) 905-914 (10 páginas).
- MOORS, E.H.M. (2000): *Metal Making in Motion: Technology Choices for Sustainable Metals Production* Delft, Delft University of Technology.
- NELSON, R.R. y S.G. WINTER (1977): «In Search of Useful Theory of Innovation». *Research Policy* 6, 36-76.
- PARTIDARIO, P.J. (2003): «What-if: From path dependency to path creation in a coatings chain: a methodology for strategies towards sustainable innovation Delft, Delft University of Technology.
- PORTER, M.I. (1990): *The Competitive Advantage of Nations* Nueva York: Free Press.
- PORTER, M.E. y Claas van den LINDE (1995a): «Green and Competitive: Ending the Stalemate» *Harvard Business Review* Septiembre/Octubre 1995:120-134.
- (1995b): «Towards a New Conceptualization of the Environment-Competitiveness Relationship» *J. Economic Perspectives* 9(4), 97-118.
- RENNINGS, K.; KEMP, R.; BARTOLOMEO, M.; HEMMELSKAMP, J.; HITCHENS, D. (2003): *Blueprints for an Integration of Science, Technology and Environmental Policy (BLUEPRINT)*. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW): Mannheim.
- SCHUMPETER, J. (1939): *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process* Nueva York, McGraw-Hill.
- (1962): *Capitalism, Socialism and Democracy*. Nueva York, Harper torchbooks.
- UTTERBACK, J.M. (1987): Innovation and Industrial Evolution in Manufacturing Industries. *Technology and Global Industry: Companies & Nations in the World Economy*. B.R. Guile y H. Brooks. Washington, D.C., National Academy Press: 16-48.
- (1996): *Mastering the Dynamics of Innovation*. Cambridge, Harvard Business School Press.
- y H.F. ACEE (2005): «Disruptive Technologies: An Expanded View». *International Journal of Innovation Management* 9(1): 1-17.

- VAN DE POEL, I. (2000): «On the Role of Outsiders in Technical Development». *Technology Analysis & Strategic Management*, 12(3): 383-397.
- VOGEL, D. (1995): «Chapter 1: National Regulation in the Global Economy» en *Trading Up: Consumer and Environmental Protection in a Global Economy* Cambridge, MA: Harvard University Press, 1995, pp. 1-23.
- WALLEY, N.; WHITEHEAD, B. (1994): «It's Not Easy Being Green.» *Harvard Business Review*, 46-52.
- WCED = COMISIÓN MUNDIAL SOBRE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO (1987): *Our Common Future*. Oxford University Press: Oxford.
- WORLD ECONOMIC FORUM (Foro Económico Mundial) (2002): Yale Center for Environmental Law and Policy, Universidad de Yale, Center for International Earth Science Information Network y Universidad de Columbia. *Environmental Sustainability Index: An Initiative of the Global Leaders of Tomorrow*. Grupo de trabajo sobre Medio Ambiente, Foro Económico Mundial: Ginebra.

Innovaciones para un uso sostenible de los recursos: reflexiones y propuestas

70

En este artículo se reflexiona sobre la necesidad y variedad de posibles políticas de intervención para un uso sostenible de los recursos. Se profundiza en la productividad de los materiales y en sus beneficios para el medio ambiente, la economía y el empleo. Se analizan diversas intervenciones posibles a lo largo de la cadena de suministro. Se describe el fenómeno llamado de «aceleración política» empleando como estudio de caso el «experimento» de la política climática de Alemania. Ha llegado el momento de elaborar una política climática y de recursos ambientales más ambiciosa. Sin embargo, a la hora de analizar la complejidad de la gestión del flujo de materiales, sigue siendo importante el modelo de prueba-error.

Artikulu honetan baliabideen erabilera iraunkorra egiteko ezar litezkeen eskuhartze-politiken beharrizan eta aldaerei buruzko hausnarketa egin da. Materialen produktibitatea aztertu da sakon, eta ingurumenean, ekonomian eta enpleguan dituen onurak aipatzen dira. Hornikuntza-katean egon litetzeen esku-hartze ugari aztertu dira. «Azelerazio politikoa» izeneko fenomenoa deskribatu da, Alemaniako politika klimatikoaren «experimentua» aztertuz. Garaia da asmo handiagoko politika klimatiko eta ingurumen-baliabideen politika egiteko. Hala eta guztiz ere, material-fluxuen kudeaketaren konplexutasuna azterzean, oraindik ere garrantzitsua da proba- eta errore-eredua.

This short, argumentative paper reflects the necessity and the spectrum of possible modes of policy intervention for sustainable resource use. The focus is on material productivity and its environmental, economic and employment advantages. A variety of possible interventions along the supply chain is being discussed. A new phenomenon of «policy acceleration» is described using the «experiment» of climate policy in Germany as an example. Are there lessons to be drawn from climate policy? It is time for a more ambitious policy. However, taking the complexity of material flow management into account trial and error still may be important.

ÍNDICE

1. Introducción
 2. Dimensiones de los flujos de materiales: medio ambiente, productividad y empleo
 3. El papel de las innovaciones eco-eficientes
 4. Gobernanza para un uso sostenible de los materiales
 5. Conclusión
- Referencias bibliográficas

71

Palabras clave: eco-innovación, eco-eficiencia, productividad de los recursos, modernización ecológica, intervención política y aceleración política.

Keywords: eco-innovation, eco-efficiency, resource productivity, ecological modernization, policy intervention and policy acceleration.

N.º de clasificación JEL: Q28, Q55, Q56.

1. INTRODUCCIÓN

Detrás de la actual crisis financiera se encuentra la crisis del modelo industrial de producción en masa intensivo en recursos y factores baratos. Este modelo que triunfó en el siglo XX ha llegado a su fin en esta última década.

Este desenlace ya se vislumbraba desde comienzos de la década de 1970 (Meadows, 1972). Casi nada es nuevo por lo que se refiere a los límites del crecimiento basado en el uso intensivo de recursos. Los flujos de materiales han sido analizados con ojo crítico en cuanto a su impacto medioambiental ya desde los años setenta, incluso en la Unión Soviética. Según Gofman, Lemeshev y Reimers (Gofman *et al.*, 1974), el 98,6% de los materiales que entraron en la antigua Unión Soviética se desperdició antes de su consumo. (La descomposición

de la Unión Soviética también se debió a un uso sumamente ineficiente de los recursos y esto podría haber servido de aviso para los «países occidentales»).

También se conocen desde hace tiempo las posibles soluciones para hacer frente al reto del crecimiento basado en el uso intensivo de recursos. Ya en 1974, el MITI (Ministerio de Comercio e Industria de Japón) propuso un modelo de producción industrial ecológico, intensivo en conocimiento y con un uso eficiente de los recursos. Posteriormente, esta postura del MITI ha influido en el concepto de «modernización ecológica» desarrollado en Alemania (Jänicke, 1984, 2008). Ya en 1978, el Consejo Asesor sobre medio ambiente (SRU) del gobierno alemán subrayó la «ventaja económica de una política medioambiental basada en el ahorro de recursos»; «...las innovaciones técnicas inducidas por la política medioambiental»

fueron vistas como una oportunidad «para obtener procesos de producción más eficientes» y «mejores productos» (SRU, 1978).

Pero el cambio de paradigma correspondiente ha tardado mucho en producirse. Ahora vemos su evolución. En la actualidad, «la innovación eco-eficiente» se ha convertido en un concepto clave para la UE. Los conceptos «Green New Deal» o «Tercera Revolución Industrial» (UNEP, 2009; Rifkin, 2008) simbolizan el avance de la vieja idea de la producción y el consumo ecológicos y eficientes en cuanto al uso de recursos. Podríamos preguntarnos por qué una idea tan trivial ha tardado tanto tiempo en materializarse.

2. DIMENSIONES DE LOS FLUJOS DE MATERIALES: MEDIO AMBIENTE, PRODUCTIVIDAD Y EMPLEO

2.1. Impactos medioambientales

Los flujos de materiales son la esencia del uso de recursos. Aquí, el punto de partida está en el hecho de que «más

del 95% de los recursos procedentes de la naturaleza se desperdicia antes de que el producto acabado llegue al mercado. Y muchos productos industriales, como los coches, demandan más recursos mientras son utilizados» (Technopolis, 2008). Este también es el tema central del discurso medioambiental. Los flujos de materiales, que van desde la extracción de recursos (minería) hasta la gestión de los residuos, están asociados a flujos afines como el uso energético, transporte, agua y uso del suelo. Todo esto tiene impactos medioambientales, que van desde las emisiones y residuos a la pérdida de especies y de funciones del ecosistema (gráfico n.º 1). Sólo parte de estos impactos es abordada por las políticas de protección medioambiental. A menudo, la reducción o sustitución de flujos de materiales también es la mejor solución preventiva en este sentido.

Aunque no escaseen los recursos materiales, existe una necesidad ecológica de

Gráfico n.º 1
Impactos medioambientales de los flujos de material

Flujos de material	Flujos afines en todas las fases	Impactos medioambientales
Minería		– Emisiones
Industrias básicas	– Uso de energía	– Pérdidas disipativas
Fabricación	– Transportes	– Residuos
Comercio minorista	– Utilización del suelo (p. ej., almacenamiento)	– Pérdida de espacio habitable
Consumo final	– Agua	– Pérdida de especies y funciones
Gestión de residuos	– etc.	

Fuente: Elaboración propia.

emplear los recursos de manera más sostenible.

2.2. Productividad de los recursos y productividad de la mano de obra

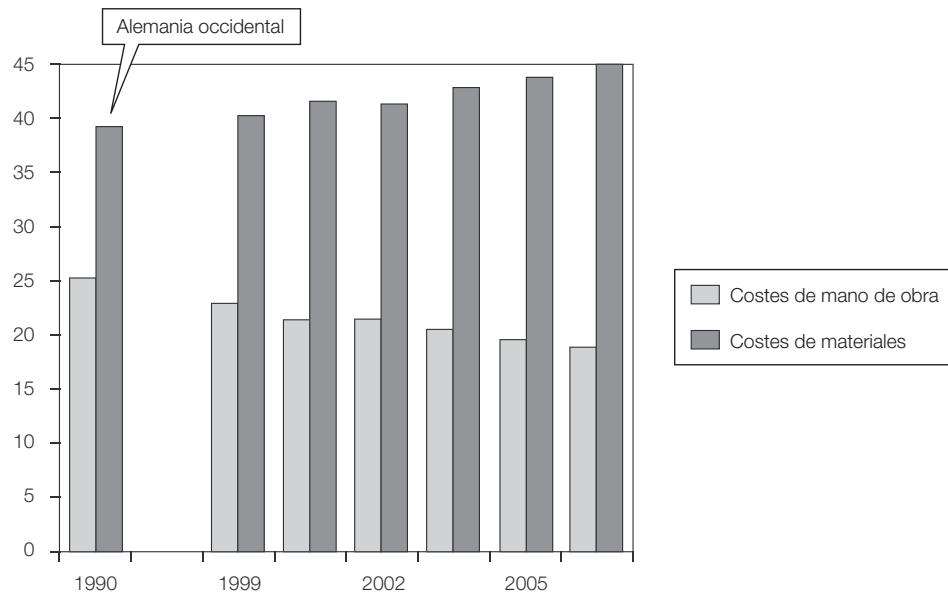
La eco-innovación se justifica no sólo por la necesidad de reducir los impactos medioambientales ocasionados por un uso intensivo de recursos o por la creciente escasez de los mismos. El mecanismo tradicional para aumentar la productividad sustituyendo la mano de obra por energía barata también ha llegado a su límite. Aunque la energía y la productividad de los materiales han venido au-

mentando a lo largo de la era industrial, el principal foco de atención ha estado en la productividad de la mano de obra. Incluso en tiempos de incremento de costes de los materiales, este mecanismo está funcionando como una rutina de gestión. En la industria alemana, por ejemplo, la diferencia entre (bajos) costes de mano de obra y (elevados) costes de materiales ha aumentado de manera constante (gráfico n.º 2).

En el siglo XXI, necesitamos un nuevo modelo sostenible de productividad que aumente la eficiencia de los recursos sin causar efectos destructivos en la mano de obra y en el medio ambiente.

Gráfico n.º 2

Costes de mano de obra y costes materiales en la industria alemana 1990-2006



Fuente: Bundesamt, 2009.

2.3. Una industria floreciente de gestión eco-eficiente de recursos

En los últimos años, ha quedado cada vez más de manifiesto que existe un elevado potencial de creación de empleo si nos centramos en la gestión eco-eficiente de recursos. Una estrategia de uso sostenible de los recursos puede tener muchos efectos positivos en el empleo: crea «empleos verdes» en la industria eco-tecnológica (y en otras industrias). Reduce los costes relativos y puede contribuir a una mayor competitividad. También pueden cambiar las prioridades de inversión desde la productividad de la mano de obra a la productividad de recursos, un cambio que podría verse apoyado por cambios en el régimen fiscal.

Los «empleos verdes» y la creciente industria medioambiental son la nueva promesa en la crisis actual. Esto resulta verosímil gracias a que la importancia y la dinámica de este tipo de actividad económica han sido menospreciadas. Esto último no solo

se debe a la falta de datos estadísticos sino también a una definición todavía un tanto incierta de esta industria. La principal razón es el hecho de que no solo hay productores especializados en tecnologías medioambientales, es decir, la industria medioambiental. Dentro de los sectores intensivos en medio ambiente, como la industria química o la automoción, existe la tendencia a reaccionar a la presión medioambiental con innovaciones propias e internas, como la gestión de recursos o el ecodiseño basado en la evaluación del ciclo de vida (ECV). Existen muchos más «empleos verdes» que los empleos que ofrecen eco-industrias especializadas como la gestión de residuos o la generación eléctrica a partir de fuentes renovables. Si las cuestiones medioambientales se integrasen totalmente en el diseño de producto a partir de la perspectiva de ciclo de vida, resultaría muy difícil distinguir una «industria medioambiental» particular. El recuento de «empleos verdes» en diferentes sectores es, al menos, una opción adicional.

Cuadro n.º 1

Empleos verdes-cálculos aproximados

- **EE.UU.:** >5,3 mill. de empleos verdes (2005).
El Gobierno prevé otros 5 mill. de empleos.
9,1 mill. (2007): principalmente, rendimiento energético.
- **EU-27:** 3,4 mill. (2004) (Ernst & Young 2006).
WWF (2009): otros 5 mill. de empleos indirectos.
- **Alemania:** >1,8 mill. (2006)(BMU 2007).
- **Reino Unido:** 0,9 mill. (2007/8), 1,3 previstos (2017).
- **Japón:** 1,4 mill. 2,2 mill. previstos para 2020 (2009).
- **Corea del Sur:** 1 mill. empleos para 2012.

Fuentes: UNEP, 2009; Reuters, 2009; BMU, 2009; WWF, 2009; ASES/MISI, 2008.

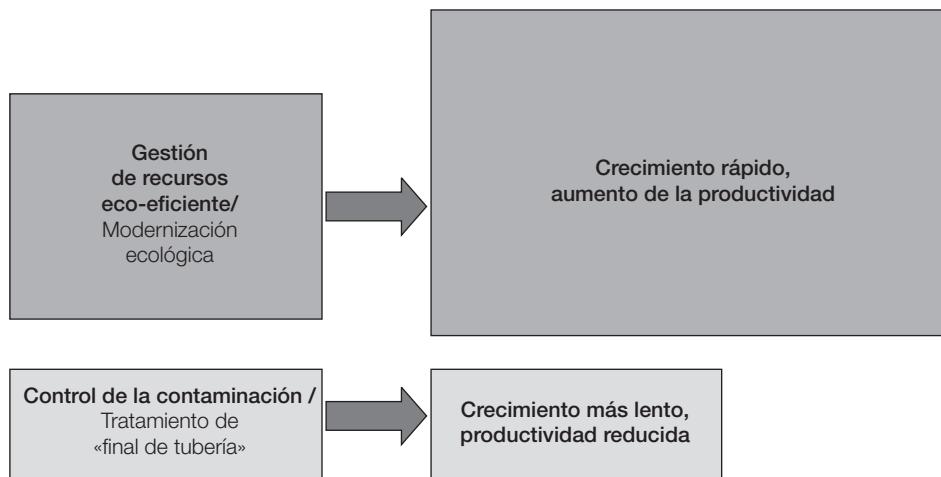
La industria medioambiental también necesita establecer una diferenciación en otro sentido: en realidad, esta industria tiene dos caras en cuanto a la productividad de recursos. Por un lado, hay productores de tecnología de «control de la contaminación» (servicios incluidos) y, por otro lado, los productores de tecnología eco-eficiente que implica una mejor gestión de recursos (Ernst & Young, 2006). El control de la contaminación tradicional o tratamiento de «final de tubería» puede ser muy eficaz y también muy innovador por lo que respecta a ciertos contaminantes. Por ejemplo, el dióxido de azufre de las centrales eléctricas de carbón puede reducirse en más de un 90%. Pero la tecnología de desulfuración necesaria requiere más recursos (cal). La tecnología de captura y almacenamiento de dióxido de car-

bono (CO_2) también puede reducir las emisiones de CO_2 en las centrales eléctricas de carbón. Sin embargo, reduciría considerablemente la eficiencia de recursos de la producción eléctrica. Por regla general, el tratamiento de final de tubería ha tenido efectos bastante negativos en la productividad de los recursos. (b) Aquí es donde parte de la gestión de recursos de la eco-industria es diferente: los impactos medioambientales positivos de la gestión de recursos se deben a la reducción en su uso. Es decir, por lo general favorece la productividad.

Es importante saber que el auge de la industria medioambiental en Alemania y otros países de la OCDE proviene del sector de la gestión de recursos de dicha industria (gráfico n.º 3).

Gráfico n.º 3

Dos caras de la industria medioambiental



Fuente: Adaptado de Asford (2000).

3. EL PAPEL DE LAS INNOVACIONES ECO-EFICIENTES

La gestión de la innovación ocupa un lugar central en el modelo eco-eficiente de recursos. La eco-innovación o modernización ecológica es la condición necesaria para el crecimiento industrial a largo plazo si se evita un daño externo crítico. El crecimiento industrial en un mundo limitado debe ser neutralizado por una tecnología mejor y más eco-eficiente. Este es un imperativo que no puede pasarse por alto a largo plazo por el riesgo que puede tener en términos de crisis medioambientales, protestas y costes elevados. Este imperativo va asociado al crecimiento industrial a largo plazo, por lo que la mejora técnica debe ser permanente y comparable al aumento de la productividad de la mano de obra. El crecimiento industrial a largo plazo requiere eco-innovaciones de mayor alcance. La actual crisis del crecimiento ba-

sado en el uso intensivo de recursos y la amenaza del cambio climático han accentuado la urgencia de innovar de manera ecológica. Ahora existe una necesidad concreta: aumentar la intensidad, alcance y ritmo de la eco-innovación. Es decir, la mejora específica de las eco-innovaciones debe ser algo más que innovación incremental, por ejemplo, para superar los efectos «rebote». Su difusión debe ser global y no restringida a nichos de mercado. Y el ritmo de los procesos de innovación y aprendizaje (es decir, la reducción de costes) debe ser lo más rápido posible. El mercado puede ofrecer más. Las innovaciones medioambientales están esencialmente «impulsadas por la política» (Ernst/ Young, 2006). Las eco-innovaciones que pueden contribuir a superar la actual crisis dependen aún más de la intervención de los gobiernos. Dependen de la presión competitiva que ejercen ciertos grupos pioneros y creadores de tendencias a escala

Definiciones

- La **«modernización ecológica»** consiste en la innovación y difusión de tecnologías comerciables que proporcionan beneficios medioambientales y económicos mediante el uso más eficiente de los recursos. El concepto incluye servicios y políticas de apoyo. La idea central es: ecologizar la lógica de la modernización competitiva inherente a economías de mercado capitalistas (Jänicke 1984, 2000). La modernización ecológica es diferente del tratamiento de «final de tubería» (o gestión de la contaminación), que no tiene efectos positivos en el uso de recursos.
- La **innovación eco-eficiente**, que es un sinónimo, consiste en la creación y difusión de productos, procesos y servicios competitivos novedosos y diseñados para conservar o mejorar el medio ambiente mediante el uso mínimo de recursos naturales a lo largo del ciclo de vida (véase también Technopolis 2008-EuropeINNOVA / EC, 2006).
- El **Nuevo Acuerdo Verde** (*Green New Deal*) constituye esencialmente una estrategia política forzada para la modernización eco-eficiente que implica que los gobiernos deben desempeñar una nueva función. También puede definirse como una estrategia para aumentar sistemáticamente la intensidad, el alcance y el ritmo de la eco-innovación.

nacional. La buena noticia es que los países con una mayor capacidad de desarrollo de políticas y tecnologías pueden aprovecharse de su carácter más ambicioso.

El imperativo de la eco-innovación como condición del crecimiento industrial a largo plazo se ha convertido en un potente motor de los mercados globales. Y como es un imperativo permanente y relacionado con el mercado, este tipo de mercado tiene un futuro a largo plazo calculable. Es decir, el proceso de eco-innovación no solo está impulsado por la urgente presión por el cambio.

Las ventajas de los mercados «verdes» son cada vez más visibles. La innovación eco-eficiente se ha convertido en una dimensión de competencia. El presente auge de la tecnología respetuosa con el medio ambiente llega tarde pero no representa un problema. Lo mismo ocurre en el ámbito gubernamental y en sus procesos de aprendizaje sobre cómo utilizar la eco-innovación en programas de incentivos o sobre cómo ser competitivo globalmente en materia reguladora en pro de tecnologías beneficiosas para el clima.

4. GOBERNANZA PARA UN USO SOSTENIBLE DE LOS MATERIALES

4.1. Aprovechamiento de la crisis actual. Seguimiento de megatendencias

Hasta ahora, los gobiernos no han contado con una posición sólida que les permitiera iniciar un Nuevo Acuerdo Verde y aplicar estrategias ambiciosas para el desarrollo sostenible. Sin embargo, existen una serie de motores consolidados que podrían ser utilizados y apoyados por las políticas estatales:

El más importante es la crisis del modelo de producción en masa basado en el uso de recursos baratos. Este hecho está relacio-

nado con la subida de precios de los recursos materiales y con los problemas medioambientales, de los que es el cambio climático el más peligroso. También está relacionado con el reto que supone una globalización sin un gobierno global. Las crisis pueden percibirse como una presión por el cambio, y, de hecho, la crisis se ha convertido en un potente motor del cambio y de la innovación. Esto puede observarse no solo en el campo de la política energética y climática. La crisis del gobierno global ha fomentado el aprendizaje de políticas orientadas al desarrollo de acciones coordinadas de los gobiernos. Los países pioneros desempeñan una función importante en este sentido, como innovadores de políticas, creadores de tendencias y competidores exigentes. En efecto, existen motores y tendencias potentes para mejorar la gobernanza global y nacional que pueden utilizarse y consolidarse.

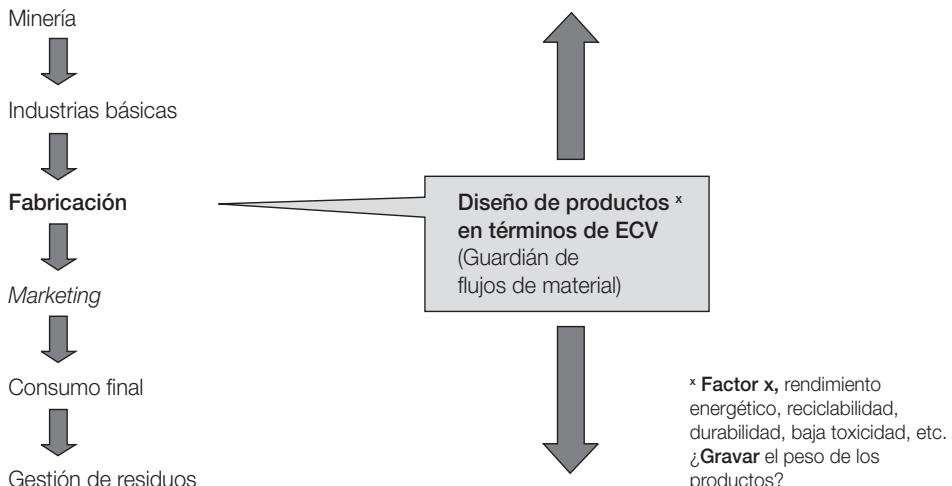
4.2. Diseño de políticas generales

La gobernanza para las innovaciones eco-eficientes suele depender del diseño de políticas y de una intervención óptima. Se han realizado numerosas investigaciones sobre el diseño de políticas generales para el fomento de la eco-innovación (Elkins/Venn, 2006; Ashford et al., 1985; Jänicke et al., 2000; Klemmer, 1999; SRU, 2008; Technopolis, 2008). Cada eco-innovación puede requerir un tratamiento especial. Pero se pueden resumir algunas consideraciones generales:

1. Los objetivos ambiciosos, ampliamente aceptados y fiables son una condición necesaria. La fiabilidad de los objetivos depende de medidas de implantación concretas. Y si los objetivos no son ambiciosos, no habrá innovación.

2. El siguiente paso necesario es *un mix* de políticas flexible que apoye el ciclo de innovación desde la invención a la difusión, y vuelta a la invención. Si se apoya con éxito la difusión de una nueva tecnología respetuosa con el medio ambiente el proceso de aprendizaje se verá favorecido, como ocurrió con la experiencia desarrollada por el gobierno de coalición compuesta por la socialdemocracia alemana y el partido verde a partir de 1998.
 3. No hay ningún instrumento ideal disponible. En general, será necesario desarrollar un *mix* de políticas. Las eco-innovaciones requieren un modelo basado en el «enfoque de múltiples impulsos» (Klemmer, 1999). Sin embargo, por muchos motivos, tanto el régimen de precios (impuestos, tarifas, certificados, incentivos del mercado) como la regulación (p. ej., estándares dinámicos) juegan un papel importante en el *mix* de políticas. El régimen de precios puede proporcionar incentivos generales que apoyen algunas tendencias generales. Una regulación específica puede movilizar potenciales de innovación específicos y puede ayudar a superar ciertos obstáculos. El ejemplo del reglamento de referencia japonés ha mostrado mejoras específicas notables. Sin embargo, los efectos de rebote han reducido en ocasiones el efecto general del aumento de la eficiencia energética. Esto puede contrarrestarse mediante impuestos. Además, algunos instrumentos como el etiquetado dinámico, la compra pública «verde», EMAS (sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales), etc. suelen desempeñar un papel de apoyo en el contexto del *mix* de políticas.
 4. Por último, los *clusters* y las redes integradoras competentes han dejado patente su importancia en el proceso de innovación.
- #### 4.3. Puntos de intervención política
- Los puntos de intervención para promover la eco-innovación han pasado a ser un asunto importante, especialmente en el debate sobre la gestión de recursos: hemos aprendido que los diseñadores y los productores de bienes finales (coches, alimentos o edificios) son los guardianes de los flujos de materiales dentro de la cadena de suministro. El ecodiseño, en términos de análisis de ciclo de vida, se ha convertido en un concepto estratégico para la gestión eco-eficiente tanto de productos como de procesos. Los productores finales y también los minoristas poseen una elevada capacidad para influir en los flujos de materiales por su demanda, una influencia directa que los gobiernos nunca tendrán (aunque su influencia indirecta en las condiciones generales puede ser fundamental). Para los fabricantes o minoristas, resulta también fácil «ecologizar» porque es principalmente el proveedor el que soporta la carga del cambio técnico.
- Hay varios puntos posibles de intervención a lo largo de la cadena de suministro hasta la gestión de residuos final (gráfico n.º 4). Asimismo, la eco-innovación puede tener lugar en todas las fases.
- La primera fase de la cadena de suministro es la minería (o la importación de recursos). A primera vista, ésta parece ser un punto óptimo de intervención, especial-

Gráfico n.º 4

Gobernanza de flujos de material: 'puntos de intervención'**Flujos de material:**

Fuente: Elaboración propia.

mente si entran en juego los impuestos relacionados. Un ejemplo son los impuestos aplicados a la arena en Dinamarca. Sin embargo, por muchos motivos, los impuestos sobre la minería han demostrado ser de difícil aplicación en el ámbito de las políticas. La minería urbana es un nuevo campo de posible intervención que puede proporcionar un nuevo tipo de recursos. Pero, a excepción de los materiales de construcción, hasta el momento no es objeto de la gestión general de recursos. Aquí también necesitamos una mejor base de conocimiento.

En la fase de las industrias básicas, los incentivos para utilizar (y mejorar) los materiales reciclados podrían ser un posible instrumento. Por ejemplo, el sector de la construcción en Alemania tiene un elevado

índice de reciclaje. Pero todavía no se usan suficientemente los materiales reciclados para los edificios.

Más allá de la ya mencionada fase de fabricación, el *marketing* y la gestión del ámbito de la demanda ofrecen un margen de mejora potencial. Puede ser el segundo mejor punto de intervención porque aquí nos podemos dirigir a actores relevantes: los minoristas, la administración pública (compra pública verde) y el sector empresarial y su demanda que pueden verse influenciados, por ejemplo, por las normas EMAS e ISO. No se puede sobreestimar el papel que juegan los consumidores. No tienen control sobre el proceso (Technopolis, 2008) y su capacidad de actuación coordinada suele ser baja. No habrá alternativa a las normas

estatales generales y calculables para los proveedores. No obstante, los consumidores desempeñan una función importante y su información y aceptación es una condición necesaria para cualquier estrategia del lado de la demanda.

La última fase de gestión de residuos ha sido el punto de intervención preferido durante mucho tiempo. Hemos aprendido que no solía ser más que un síntoma de enfrentamiento. Sin embargo, la gestión de recursos con relación a la ECV debe incluir indudablemente esta fase. Por ejemplo, las normas sobre reciclaje juegan un papel importante a este respecto.

En contra del anticuado «instrumentalismo» de la política medioambiental, con su interminable búsqueda de un único instrumento óptimo (Jänicke, 1996), necesitamos un amplio abanico de instrumentos, tal y como se ha mencionado anteriormente. No solo hay una gran variedad de puntos de intervención en la gestión de recursos. Dicha gestión también está abierta a una estrategia con múltiples impulsos (Klemmer, 1999). Esta estrategia no depende de un solo impulso fuerte (p. ej., los impuestos que pueden ser «suficientemente altos» pero no viables en cuanto a la política se refiere). Depende de la pluralidad de impulsos en diferentes puntos.

Para optimizar la estrategia de gestión de flujos de materiales son necesarios más ensayos de prueba y error. La base de conocimiento sobre la gestión de flujos de energía es mucho mejor. Aquí contamos con una mayor experiencia, donde se incluye el papel de la actuación internacional coordinada. También aquí estamos experimentando un avance en innovaciones importantes. ¿Se pueden aprender lecciones sobre la gestión de flujos de material con la actual política energética y climática? Ana-

lizaré esto brevemente en el contexto de la política climática alemana desde 1998.

4.4. ‘Aceleración de políticas’: ¿Lecciones de la política climática?

La política climática alemana ha estado tradicionalmente orientada hacia la innovación tecnológica. Desde 1998, ha sido concebida expresamente como «modernización ecológica» (p. ej., en el tratado de coalición). El objetivo de Kioto era ambicioso (21% de reducción de los gases de efecto invernadero entre 1990 y 2012). El cumplimiento de este objetivo ha resultado bastante difícil porque no solo había que reducir los combustibles fósiles sino también la energía nuclear. Esta política puede interpretarse hasta cierto punto como un experimento. Sólo se pueden mencionar unos pocos puntos de sus «mejores prácticas» en este contexto (sin ninguna diferenciación).

El experimento de la política climática alemana ha sido un éxito, tanto en lo que se refiere a la ecología como a la economía. El objetivo de Kioto ya se superó en 2007. La expansión de la energía verde también ha superado su objetivo. Y el éxito económico se manifiesta con una «industria de protección climática» de rápido crecimiento y muy competitiva de alrededor de un 5-6% del PNB. Según los estudios realizados, el balance de costes del actual programa climático terminará con un claro superávit.

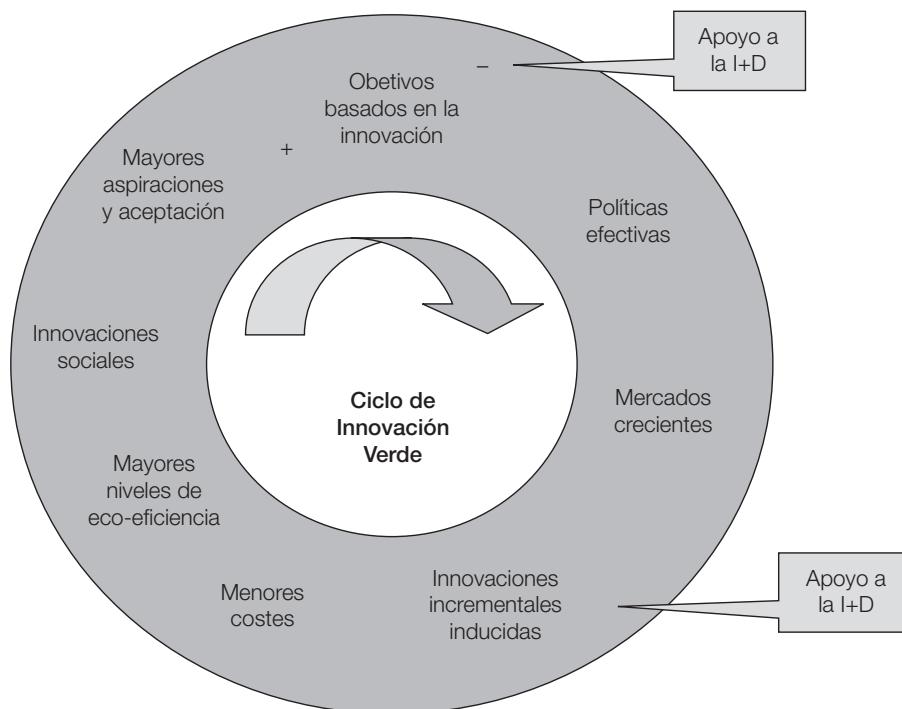
La política aplicada fue una estrategia de múltiples impulsos orientada a objetivos, que empleaba instrumentos centrales económicos y reguladores (ecotasa, tarifa regulada, comercio de derechos de emisión y también estándares) dentro de un *mix* de políticas más amplio. Se han aplicado varias medidas políticas con diferentes pun-

tos de intervención. Pero lo más importante fue que la política comenzó con un ambicioso objetivo que no solo era creíble y estaba consensuado en las diferentes líneas de partido sino que también fue seguido por un apoyo eficaz del mercado a las tecnologías respetuosas con el medio ambiente. Esta exitosa difusión de nuevas tecnologías provocó «reacciones sobre el ciclo de innovación»: hubo un *boom* de nuevas patentes de energías renovables después de 1998. Era palpable la velocidad que había tomado el proceso de innovación, por ejemplo, con respecto a los edificios energéticamente eficientes. Aquí, el potencial tecnológico creció desde la «calefacción energéticamente eficiente» a las «viviendas con bajo consumo energético», las «viviendas pasivas» y, finalmente, las «viviendas Plus Energy», suministrando incluso energía al coche eléctrico.

Esta reacción del ciclo de innovación podía preverse por lo que respecta a la curva de aprendizaje. Pero había algo nuevo. Podríamos llamarlo «aceleración de las políticas», un proceso que se puede describir de la siguiente manera: a) una política ambiciosa que comienza con un determinado potencial

Gráfico n.º 5

La Aceleración del Ciclo de Innovación Verde



Fuente: Elaboración propia.

tecnológico de mejoras, *b*) un proceso de innovación y difusión fomentado por dicha política *c*) que da lugar a un mayor potencial técnico de mejora y al éxito de los innovadores nacionales en el mercado, y *d*) lo anterior sugeriría finalmente unas políticas aún más rigurosas. No puede decirse que dicho desarrollo tienda a aumentar la aceptación pública general. En este contexto, puede ofrecerse otro ejemplo: en Alemania se organizó una importante campaña contra la ecotasa y la Ley de Energía Renovable. Sin embargo, el éxito de ambos instrumentos ha hecho que tales reticencias queden en algo irrelevante. Hoy en día, nadie quiere repetir estos argumentos desprestigiados.

La gestión eco-eficiente de flujos de materiales es un campo de actuación más complejo en comparación con la política climática y energética. Los materiales y sus problemas, precios u opciones suelen ser bastante diferentes. Sin embargo, como primera medida podría mejorarse el discurso público: el impacto medioambiental general de los flujos de materiales (incluidos los flujos de energía, agua, etc. correspondientes) podrían percibirse mejor si se analizaran en el contexto de la productividad de recursos. Si se incluyera el régimen fiscal y su impacto negativo en el empleo, constituiría un sólido tercer argumento de este discurso. Basándonos en un debate público mejor y más orientado, el enfoque de múltiples impulsos y orientado a objetivos con respecto a la gestión eco-eficiente de recursos —combinando incentivos económicos generales y un reglamento dinámico específico— podría, al menos, desempeñar un papel similar al que desempeña en la política climática/energética. En lugar de una «ecotasa» (que suele promover un debate ecológico demasiado limitado), sería preferible una «tasa de eficiencia de recursos» general aplicada a pro-

ductos (o a su peso). Debería servir para reducir las aportaciones a la seguridad social y también debería reciclarse para aumentar la productividad de los recursos en el mismo sector. Habría que comenzar con un tipo impositivo bajo para tener en cuenta la resistencia pública. Por lo que respecta a normas específicas, la política europea de ecodiseño de productos con relación a la ECV va en la dirección correcta. No obstante, se requieren objetivos más ambiciosos para ciertos productos. Incluso los objetivos estrictos provisionales podrían resultar útiles si están abiertos a revisiones según el éxito de su implantación. Hace falta una regulación específica para superar obstáculos concretos y para aprovechar unas oportunidades determinadas. Son necesarios una regulación y unos sistemas de etiquetado dinámicos para llevar a las tecnologías más allá de su estado de innovación actual. Los objetivos a largo plazo deben dejar claro que el proceso de innovación seguirá. Hace falta un apoyo selectivo del mercado a ciertos productos para lograr su éxito. Estimular los mercados para crear productos eficientes en recursos y la competencia del mercado es la condición necesaria para acelerar las políticas. No puede obviarse que una buena infraestructura de I+D es la base de todo esto.

Por último, como ocurre con la política climática, resultaría útil apoyar las políticas nacionales mediante la coordinación de políticas internacionales, creando un escenario político internacional para pioneros y creadores de tendencias en uso sostenible de recursos. También debemos aprender una lección de la política climática comunitaria: la regulación medioambiental estricta del mercado europeo no solo ha fomentado la eco-innovación y las ventajas competitivas, también ha forzado a otros países y empresas extranjeras a adaptarse a las políticas

europeas. Con esto, se ha conseguido un dominio regulador de la UE, que se ha convertido en poderoso impulsor de la difusión de políticas avanzadas.

5. CONCLUSIÓN

Ha llegado la hora de ser más ambiciosos en cuanto a la gestión eco-eficiente de los flujos de materiales. El motivo no solo es la actual crisis del crecimiento industrial basado en el uso intensivo de recursos. La buena noticia es que si aumenta la productividad de los materiales más allá de la tendencia normal, habrá co-beneficios en muchas otras políticas: desde la polí-

tica energética, climática y medioambiental al empleo y la competitividad general de la economía nacional. La productividad material se convertirá, sin duda, en una dimensión de la competencia internacional similar a la eficiencia energética. Por tanto, unos objetivos más ambiciosos combinados con unos incentivos de mercado, o un reglamento dinámico para mercados (líderes) nacionales tienen sentido al menos en países con una avanzada capacidad de innovación. Podría estimularse el proceso de aceleración de políticas para ciertos productos. Harán falta procesos de prueba y error, como siempre que entra en juego la innovación. Sin embargo, sin ambición no habrá innovación ni éxito a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHFORD, N.A.; AYERS, C. y STONE, R.F. (1985): «Using Regulation to Change the Market for Innovation». *Harvard Environmental Law Review*, vol. 2, n.º 9, pp. 419-466. BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UNDREAKTORSICHERHEIT / UMWELTBUNDESAMT (BMU/UBA) (2009): Umweltwirtschaftsbericht 2009, Berlin.
- EKINS, P. y VENN, A. (2006): *Assessing Innovation Dynamics induced by Environmental Policy*. Londres: Policy Studies Institute.
- ERNST y YOUNG (2006): *Eco-Industry, its Size, Employment, Perspectives and Barriers to Growth in an Enlarged EU*, Comisión de la UE, Dirección General de Medio Ambiente, sept. 2006.
- GOFMAN, K.G.; LEMESHEV, M.Y. y REIMERS, N.F. (1974): «The Economics of Nature Management—Objectives of a New Science. Translation from the Russian Original» (publicado en: *Nauka i Shism*, n.º 6, junio de 1974, pp. 12-17). En: M. Fischer-Kowalski (ed.): *The Work of Konstantin G. Gofman and Colleagues: An Early Example of Material Flow Analysis from the Soviet Union; iff-Social Ecology Working Papers* Nr. 94, Viena, enero de 2007.
- JÄNICKE, M. (2008): «Megatrend Umweltinnovation». *Zur ökologischen Modernisierung von Wirtschaft und Staat*, München: Oekom-Verlag.
- (1996): «Was ist falsch an der Umweltdebatte? Kritik des umweltpolitischen Instrumentalismus», *Jahrbuch Ökologie* 1997. München, 35-46.
- (1984): «Umweltpolitische Prävention als ökologische Modernisierung und Strukturpolitik», *Wissenschaftszentrum Berlin, IIUG, Documento de consulta* 84-1, 44 S.
- KLEMMER, P. (Hrsg., 1999): *Innovationen und Umwelt*. Berlin: Analytica Verlagsgesellschaft.
- MEADOWS, D.; MEADOWS, D.; ZAHL, E. y MILLING, P. (1972): «Die Grenzen des Wachstums». *Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit*, Stuttgart: DVA.
- MINISTRY OF INTERNATIONAL TRADE AND INDUSTRY (MITI) (1974): Direction for Japan's Industrial Structure, Tokio.
- RIFKIN, J. (2008): «Europe Can Lead the Third Industrial Revolution». *EurActiv* 31.01.2008.
- SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (SRU) (2008): *Umweltgutachten 2008: Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels*, Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- (1978): *Umweltgutachten 1978*, Stuttgart u. Mainz: Kohlhammer.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2009): *Statistisches Jahrbuch der Bundesrepublik Deutschland*, Wiesbaden.
- TECHNOPOLIS (REID, A.; MIEDZINSKI, M.) (2008): «Eco-Innovation». *Final Report for Sectoral Innovation Watch*, mayo de 2008, www.technopolis-group.com.
- UNEP 2009: *Green New Deal*, New York.

Enfoques y políticas de eco-innovación. Una visión crítica

84

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 ukaezina da gaur egun. «Eko-berrikuntzatzat» hartzen dira ekoizpen- eta kontsumo-jardueren ingurumenaren gaineko eraginen kudeaketan hobekuntzak sortzen dituzten berrikuntzak. Hori dela eta, garapen iraunkorreko politika guztiengunea izan beharko litzateke, bai eta iraunkortasuneko transizio-estrategia guztiengunea ere. Artikulu honen helburua da ekonomiaren, teknologiaren eta ingurumenaren arteko elkarrenganak aztertzeko erabili izan diren joera teoriko nagusien berrazterketa egitea. Horrela bada, eko-berrikuntzarako oztopo eta pizgarrien azterketa empirikorako 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)

85

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 centra 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-

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).

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

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 períodos 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 los 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 empresarial⁴

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.

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

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 ambientales

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 aquélla 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 *et al.*
(2006)

Khanna *et al.* (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 *expertise*, 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 *networking* y partenariados público-privados, acceso a *expertise* 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.

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

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.

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

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.

tecnológicas (Geels, 2002) y, en particular, la transición a sistemas tecnológicos más sostenibles (Könnölä *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

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» (Metcalfe, 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)	Ánalisis 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)	Ánalisis 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)	Ánalisis 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

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 Sotudeh, 2000; p. 27).

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

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 (Frondel *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 SGAs 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 SGAs, 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

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).

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 porponer 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-

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).

ología, 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 finlandés²³**

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 Unidos²⁴**

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 videos). 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 coherente-mente 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 investigacio-nes a analizar las implicaciones del proceso de toma de decisiones sobre la elección de instrumentos que afectan a la eco-inno-vación, utilizando para ello distintas perspectivas (ciencia política, economía polí-tica, 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 Mcmillan.
- CLAYTON, A., SPINARDI, G. y WILLIAMS, R. (1999): *Polices 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 SOTOUEH, 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 NICOLAI, 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.; RIP, 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 technology 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. Paris. 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.

Cuando la alta tecnología se encuentra con la baja tecnología: dinámicas de eco-innovación y estrategia corporativa en el sector de la construcción

A lo largo de los últimos años, la innovación verde o eco-innovación se ha ido convirtiendo cada vez más en uno de los principales impulsores del desarrollo económico. Es un cambio importante respecto a épocas anteriores, cuando en general el medio ambiente era considerado una carga para los negocios. Este artículo recoge un análisis empírico y teórico de las dinámicas de «ecologización» de la industria para comprender mejor las condiciones competitivas de la eco-innovación, en continuo cambio y en distintos contextos económicos. Estudiamos el caso de la estrategia corporativa de las empresas que intervienen en la cadena de papel danesa respecto de la nanotecnología ecológica, aplicando el enfoque de las «capacidades evolutivas». La nanotecnología es interesante por encontrarse en la primera fase de desarrollo, por su potencial ecológico previsto y los riesgos medioambientales asociados a ella. También es un ejemplo de la vertiente más tecnológica de la eco-innovación, y por lo tanto de la capacidad de absorción del sector de la construcción.

Azken urteetan berrikuntza berdea edo eko-berrikuntza gero eta gehiago bihurtzen ari da garapen ekonomikoaren bultzatzaile nagusienetako bat. Aldaketa garrantzitsua da aurreko garaiekin alderatuz, oro har ingurumena zamatzat hartzen baitzen negozioetarako. Artikulu honek industriaren «eko-logizazio» dinamiken azterketa enpiriko eta teorikoa biltzen du, hobeto uler daitezen eko-berrikuntzaren lehia-baldintzak, etengabe aldatuz doazela eta testuinguru ekonomiko ezberdinak dituztela. Danimarkako paper-katean nanoteknologia ekologikoaren alorrean esku-hartzen duten enpresen korporazio-estrategiaren kasua aztertu dugu, «gaitasun ebolutiboen» ikuspegia aplikatuz. Nanoteknologia interesgarria da lehenengo garapen-fasean dagoelako, ahalera ekologikoa aurreikusi zaialako eta ingurumen-arriskuak dituelako lotuta. Era berean, eko-berrikuntzaren alderdi teknologikoenaren adibidea da eta, beraz, eraikuntza-sektorearen absorzio-gaitasunaren adibidea ere bada.

In recent years green innovation or eco-innovation has grown increasingly to become one of the main drivers of economic development. This is a major change with regard to earlier times, when the environment in general was considered as a burden for businesses. This paper presents an empirical and theoretical analysis of the dynamics of the «greening» of industry in an effort to learn more about the competitive conditions for eco-innovation against a background of continuous change and in various economic contexts. We study the case of the corporate strategies of firms involved in the chain of production of paper in Denmark in regard to environment-related nanotechnology, using an «evolutionary capabilities» approach. Nanotechnology is of interest because it is at the early stages of development, because of its envisaged environmental potential and because of the environmental risks associated with it. It is also an example of the most high-tech side of eco-innovation and therefore of the absorption capacity of the construction sector.

ÍNDICE

- 1. Introducción
- 2. Selección, organización y eco-innovación
- 3. La innovación en la cadena valor de la ventana en Dinamarca
- 4. La nanoinnovación ecológica en la cadena de ventanas danesa
- 5. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: eco-innovación, ventanas, fabricación de vidrio, nanotecnología, nanotecnología ecológica.

Keywords: Eco-innovation, windows, glass manufacturing, nanotechnology, green nanotechnology.

N.º de clasificación JEL: L11, L22, L61, L74.

1. INTRODUCCIÓN

De un tiempo a esta parte el cambio climático se ha convertido en uno de los principales objetivos de las políticas globales, extendiéndose a todos los ámbitos de las políticas públicas y regiones. A raíz de esta política del clima, existe una nueva carrera global para liderar lo que los principales políticos califican como «revolución industrial verde» o «Green New Deal» (Obama, 2009; Brown, 2009). Existe un interés renovado por la innovación como medio para solucionar problemas medioambientales. Esta tendencia queda reflejada en el no-

vedoso concepto de innovación ecológica (la eco-innovación), cada vez más consolidado en el ámbito de la política (EC, 2009; OECD, 2009) internacional (EU y OECD). El concepto de eco-innovación está muy vinculado a las políticas de crecimiento ecológico, lo que simboliza una sinergia creciente entre las políticas medioambientales y la innovación (Kemp y Andersen, 2004; Andersen, 2006; Andersen y Foxon, 2009; OECD, 2009). En la actualidad la eco-innovación se considera un impulso esencial para el desarrollo económico, e incluso un medio de recuperación ecológica en la actual crisis financiera global (Milliband, 2007; Barroso, 2007; Andersen y Foxon, 2009; OECD, 2009).

Este nuevo interés por la eco-innovación, de especial relevancia durante el período 2007-2010, representa un cambio radical respecto de lo anterior. Hace tan solo unos años la política medioambiental

* El presente análisis se basa en la parte danesa del proyecto «Green Nanotechnology in Nordic Construction—Eco-innovation strategies and Dynamics in Nordic Window Chains» [«Nanotecnología ecológica en la construcción nórdica: estrategias y dinámica de eco-innovación en las cadenas de ventanas nórdicas»], un proyecto elaborado entre 2007 y 2009 financiado por el Centro Nórdico de Innovación.

gozaba de mucho menos prestigio, y las expectativas en cuanto a los efectos en la economía eran moderadas, cuando no negativas. En general, la mayoría de empresas consideraban una carga los asuntos relacionados con el medio ambiente, y tanto el sector empresarial como los responsables de formular políticas (Kemp y Andersen, 2004) los veían como una capacidad competitiva general. Por lo tanto, las políticas de innovación y las medioambientales solían ser opuestas (Andersen, 2006, 2009).

Este artículo pretende ayudar a comprender la dinámica industrial de ecologización de la industria y cómo ha ido cambiando con el paso del tiempo. Aplicando la perspectiva de la economía evolutiva, este artículo plantea interpretar el aumento de la eco-innovación y el mercado ecológico como una fase histórica específica (Andersen, 2010a, 2010b). Disponemos de poca información sobre la dinámica cambiante de esta evolución económica verde a lo largo del tiempo, y cómo afecta a las distintas partes de la economía, teórica y empíricamente. Uno de los principales motivos es que la economía neoclásica ortodoxa ha dominado siempre la investigación medioambiental y la formulación de políticas y, con su noción estática de racionalidad y de atención a la asignación de fondos a corto plazo, no se ha percatado de que los mercados se están volviendo más ecológicos (Andersen, 2010a, 2010b).

El enfoque de la economía evolutiva es bastante distinto, ya que se centra en el papel de la innovación en el desarrollo económico y social a largo plazo. Se parte de que las condiciones competitivas están en constante cambio (Nelson y Winter, 1982). Uno de los principa-

les intereses en este campo es analizar el ritmo y la orientación del cambio tecnológico (Dosi, 1982). La interpretación de la eco-innovación desde esta perspectiva implica preguntarse qué hace que la economía adopte un enfoque ecológico (Andersen, 1999, 2002, 2010b).

El artículo pretende contribuir al debate con un análisis empírico de las estrategias corporativas en eco-innovación dentro de una cadena de valor, y plantea valiosas ideas para comprender la dinámica de la ecologización de la industria. Dicha perspectiva ha sido muy poco aplicada al ámbito medioambiental (véase Andersen, 1999, 2002). La bibliografía sobre capacidades evolutivas analiza los cambios en la organización económica resultantes del proceso económico; así es cómo se organizan las empresas y coordinan su producción y aprendizaje en mercados dinámicos (Teece, 1986, 1996; Liebermann y Montgomery, 1988, 1998; Langlois y Robertson, 1995; Langlois, 1992, 2003, 2004). Con el estudio de la estrategia corporativa de las empresas desde la perspectiva de cadena de valor, el análisis pretende captar cómo reaccionan a las nuevas oportunidades de obtener beneficios empresas interdependientes pero heterogéneas, en distintos puntos de la cadena.

Sin embargo, gran parte de los análisis medioambientales desde la cadena de valor de la empresa suelen ser de gestión y prescriptivos. Además, hasta ahora el análisis económico más evolutivo se centraba sobre todo en los efectos de la normativa medioambiental en la eco-innovación (Renning, 2000, 2003; Hübner *et al.*, 2000; Markussen, 2001; Kemp, 2000; Foxon, 2005, 2007; van den Bergh *et al.*, 2006, 2007; Reid y Miedzinski, 2008; Carrillo-Hermosilla *et al.*, 2009). En general, se han lle-

vado a cabo pocos análisis de la dinámica industrial de ecologización de la industria por sé. Dado que los datos y estadísticas sobre eco-innovación son escasos (Kemp y Pearson, 2007; Andersen, 2007; OECD, 2009), en términos generales sabemos muy poco sobre las tendencias en ecologización de distintas industrias, y todavía menos de las dinámicas de ecologización en las cadenas de valor.

El caso empírico escogido es el interés despertado por la nanotecnología ecológica en el sector de la construcción. Más concretamente, el artículo se basa en un estudio cualitativo de la estrategia corporativa en la cadena de ventanas danesa. Se ha seleccionado el sector de la construcción por ser un sector muy tradicional, con un perfil bastante bajo en tecnología y conservador (Gann, 2003). Además tiene un impacto medioambiental muy elevado, en forma de producción de residuos y consumo energético. Dado que las construcciones suponen el 40% del consumo energético global, el sector cada vez se ve más afectado por el programa de mitigación del cambio climático (Elvin, 2007; Andersen *et al.*, 2010). La eficiencia energética se ha convertido en uno de los tres principales objetivos de las políticas sobre el clima, los dos restantes son la reducción de CO₂ y el crecimiento en tecnologías de energías renovables. Asimismo, en general en la construcción se considera la eco-innovación como un medio importante para desarrollar un estilo de vida más eficiente en cuanto a los recursos, ya que los edificios influyen mucho en el uso de energías y recursos como usuario.

La nanotecnología es un caso interesante por sus elevadas expectativas respecto de las oportunidades medioambientales. La nanotecnología es la capacidad

de analizar y manipular material en nanoscala, donde las propiedades químicas son muy distintas. Pese a encontrarse en una etapa de desarrollo muy temprana, se percibe como una tecnología con fines generales y previsiones de convertirse en un importante impulsor del desarrollo económico y social global, que posiblemente significará la próxima revolución industrial (Laredo *et al.*, 2010; Shapira *et al.*, 2010). La nanotecnología es un campo prioritario en la mayoría de países que atrae enormes inversiones globales (Nanoforum, 2003, 2004; BMPF, 2004; Royal Society, 2004; Aitken *et al.*, 2006; National Research Council, 2006; Lux, 2007; NSET, 2009). Desde un principio se le ha promocionado de forma exagerada, muchas veces cercana a la ciencia ficción con especulaciones sobre reestructurar el planeta átomo por átomo y por las enormes expectativas respecto a los problemas que podría solucionar, como por ejemplo los medioambientales, la salud y el hambre.

No obstante, también se asocia a riesgos importantes para la salud y el medio ambiente (véase EC, 2004; Royal Society, 2004; Andersen y Rasmussen, 2005; Friends of the Earth Germany, 2007; Elvin, 2007; Schmidt, 2007). En el sector de la construcción se ha hecho hincapié en los nanopotenciales ecológicos, pero aun así sabemos más de los potenciales que de las tendencias reales en la comercialización (Elvin, 2007; Schmidt, 2007; Andersen y Molin, 2007; Andersen *et al.*, 2010).

La nanotecnología es un caso interesante de eco-innovación debido a las elevadas expectativas en cuanto a las oportunidades de beneficio ecológico, unidas a la preocupación por los riesgos para el medio ambiente y la salud. La cuestión es: ¿cómo

reaccionan las empresas a esas señales confrontadas? Además, la nanotecnología es un caso de alta tecnología emergente, mientras que el sector de la construcción es bastante poco tecnológico. Eso suscita preguntas generales acerca de la capacidad de absorción de la nanotecnología en el sector de la construcción. La nanotecnología ha sido poco estudiada en el sector de la construcción, pero al parecer está surgiendo un ligero interés por ella en el sector (Gann, 2003; Crisp/SPRU, 2003; Bartos *et al.*, 2004; Zhu *et al.*, 2004; Fellenberg y Hoffschulz, 2006; Andersen y Molin, 2007; Geiker y Andersen, 2009).

Además, gran parte de la eco-innovación en el sector de la construcción solía ser poco tecnológica, como las viviendas de arcilla sin quemar, casas de paja, etc. que formaban parte de «ecopueblos», a menudo creados por ONG ecológicas. El interés por la eco-innovación de alta tecnología en el sector de la construcción es relativamente nuevo.

El análisis empírico investiga: a) las estrategias y actividades innovadoras de distintos tipos de empresas en la cadena de valor de la ventana en Dinamarca relacionadas con la nanotecnología y la eco-innovación y b) el nivel de desarrollo del mercado, es decir, la emergencia respectivamente de la eco-innovación y la nanotecnología como criterios de selección en el mercado, como por ejemplo cuándo y cómo utilizan los productores y usuarios respectivamente los términos ecológico y nano en el mercado. La cuestión es si la eco-innovación funciona como impulsora de la introducción de nanotecnología. En el análisis empírico se pone énfasis principalmente en los dos pasos intermedios de la cadena de valor, los principales productores de vidrio y ventanas, que atraen a los proveedores corres-

pondientes (nanoinnovadores), mientras que otros clientes y tendencias de la demanda más lejanos se tratan de forma más indirecta (tal y como lo perciben los actores mencionados).

El núcleo y la intención del artículo es ilustrar cómo se puede aplicar la perspectiva de las capacidades evolutivas al análisis de la ecologización de la industria, en este caso la cadena de ventanas dentro del sector de la construcción.¹ El artículo no pretende estudiar los detalles de la eco-innovación en contraposición a otras innovaciones, ya que implicaría un debate conceptual más profundo (véase Andersen, 1999, 2006 para reflexiones anteriores sobre este tema).

En el artículo se detecta un cambio importante en la estrategia empresarial de eco-innovación durante los últimos años. La eco-innovación se está convirtiendo en un asunto mucho más importante para muchas empresas en la cadena de valor de la ventana, y además está influyendo en las actividades y estrategias innovadoras en muchos sentidos, también respecto de la nanotecnología.

La estructura del artículo es la siguiente: en el segundo apartado se tratan las consideraciones teóricas e hipótesis vinculando los procesos de selección y la dinámica organizativa con la eco-innovación y la nanotecnología; la tercera parte es una breve introducción a la cadena de ventanas y ofrece una perspectiva general de las empresas analizadas; el cuarto apartado analiza la estrategia corporativa en

¹ Véase Andersen, 1999, 2002 para consultar un análisis de la dinámica de eco-innovación en la cadena del papel, y Andersen 2010 para obtener una comparación de la cadena de ventanas y la cadena del papel.

la cadena de ventanas danesa, y se finaliza en el apartado quinto con las conclusiones.

2. SELECCIÓN, ORGANIZACIÓN Y ECO-INNOVACIÓN

La perspectiva de la economía evolutiva se centra en el papel de la eco-innovación en el desarrollo económico y social a largo plazo. Se parte de la premisa de que las condiciones competitivas están en constante cambio (Nelson y Winther, 1982). Además, externalidades negativas, como la degradación medioambiental, no están dadas sino sujetas al cambio, ya que las condiciones marco y de innovación van cambiando con el tiempo, de modo que originan nuevas externalidades, así como la formación de nuevas estructuras institucionales para enfrentarse a ellos (Nelson y Winter, 1982). Esta visión del proceso económico abre la posibilidad de que los factores externos se interioricen en el proceso económico y que el mercado se vuelva ecológico (Andersen, 1999, 2009, 2010).

Hasta ahora la eco-innovación ha sido definida también por los economistas evolutivos (Kemp y Pearson, 2007) en términos técnicos, centrados en el tipo de impactos medioambientales que palian las tecnologías. Una interpretación económica evolutiva definiría el concepto en términos económicos. Las eco-innovaciones son innovaciones capaces de atraer rentas ecológicas al mercado (véase también Andersen, 1999, 2002, 2006, 2008a, 2008b, 2010a, 2010b). Son innovaciones que (al parecer) reducen el impacto medioambiental global al tiempo que crean valor en el mercado. La eco-innovación es una

medida de hasta qué punto se están integrando las cuestiones medioambientales en el proceso económico. No es decisivo lo ecológica que sea una innovación, sino hasta qué punto el parámetro medioambiental se ha convertido en un parámetro de selección en el mercado. Así, el concepto queda intrínsecamente ligado a la competitividad ecológica y a la evolución de la economía ecológica. Las eco-innovaciones, como otras innovaciones, pueden ser técnicas, organizativas o de marketing, siempre y cuando mejoren la competitividad ecológica de una empresa (Kemp y Andersen, 2004; Andersen, 2006, 2008b). Existen básicamente dos maneras en que una empresa puede atraer rentas ecológicas en el mercado: a) consiguiendo un precio preferencial por su reputación o productos ecológicos, b) alcanzando mayores niveles de eficiencia de recursos o reduciendo los altos costes de la gestión de residuos. Varios estudios empíricos han demostrado que los incentivos para comprometerse con la eco-innovación varían mucho en los distintos tipos de empresas y sectores, pero aún se necesita más información sobre el tema (Malaman, 1996; Ulhøi, 2000; Horbach (ed.), 2005; Kemp y Pearson, 2007).

El tema de investigación surgido de la perspectiva de las capacidades evolutivas relacionadas con la eco-innovación es cómo organizan las empresas su innovación en un mercado en proceso de ecológización. Según las teorías de organización económica, las capacidades de la empresa constituyen los factores más significativos para determinar qué hará la empresa o el mercado (Penrose, 1959; Richardson, 1972). Partiendo de dicha premisa, el presente artículo sugiere aplicar el modelo basado en tres pilares desarrollado por Lan-

glois y Robertson (1995) y Langlois (1992, 2003, 2004). El modelo conecta microfundamentos (capacidades y parámetros tecnológicos) con el mercado agregado y los desarrollos institucionales para analizar el cambio económico a largo plazo. De ahí que guarde cierto parecido con el modelo de sistemas de innovación (nacional) (Lundvall, 1992, 2007; Nelson, 1993), pero con una base microteórica más sólida. Pese a que el modelo de Langlois ha sido desarrollado principalmente para estudiar grandes cambios estructurales en la organización económica, es decir, el papel cambiante de las grandes empresas (chandlerianas) respecto de las pequeñas en innovación, con distintas condiciones (históricas) más globales. Este modelo también puede aplicarse al estudio de la evolución de la economía ecológica y la de la nanotecnología. El presente artículo pretende aplicar este marco al análisis del desarrollo de la nanotecnología ecológica en la cadena de valor de la ventana.

Los tres pilares son²:

1. La distribución de las capacidades existentes en la empresa y el mercado. ¿Las capacidades existentes están bien distribuidas o limitadas a las grandes empresas?
2. La naturaleza sistémica/autónoma del cambio económico. ¿Para aprovechar las nuevas oportunidades de beneficio es necesaria una reorganización sistémica de las capacidades, incluido el aprendizaje de nuevas capacidades, o el cambio se puede producir de forma autónoma?

3. El nivel de desarrollo del mercado. ¿Hasta qué punto las capacidades necesarias pueden ser aprehendidas de forma inmediata del mercado o deben ser creadas partiendo de cero? ¿Hasta qué punto se cuenta con las instituciones correspondientes de apoyo al mercado?

Estos tres factores dependen en gran medida del tiempo y del espacio. Al parecer, a medida que las empresas van aprendiendo de modo desigual, va cambiando la fuerza relativa de las capacidades de la empresa y el mercado, lo que crea nuevas necesidades de coordinación entre las empresas interdependientes. Eso da lugar a consideraciones estratégicas sobre la integración o desintegración vertical dependiendo de los costes dinámicos de transacción (Langlois, 1992).

Los costes dinámicos de transacción son los costes de coordinación interempresarial que surgen cuando una empresa no cuenta con las capacidades cuando las necesita (Langlois, 1992, 2004). Son los costes de persuadir o formar a actores en cuestiones relacionales (proveedores o clientes) necesarios para una determinada innovación. En otras palabras, son los costes de poner a empresas interdependientes en la misma sintonía para garantizar una innovación coordinada y eficiente (Langlois, 1992). La cuestión estratégica a tener en cuenta por parte de la empresa es cómo abordar esos costes. Pueden llevar a una integración vertical o, de manera menos frecuente, forzar a las empresas a realizar actividades de coordinación (persuasión, formación) o a crear varias instituciones de apoyo al mercado, incluidos los estándares comunicativos o técnicos, formales e informales.

² El marco está modificado a partir de Langlois, 2003; p. 360.

3. LA INNOVACIÓN EN LA CADENA VALOR DE LA VENTANA EN DINAMARCA

Al hablar de la cadena de ventanas danesa nos referimos a las empresas activas en el mercado danés de ventanas, así como a sus proveedores y clientes. La mayoría tienen su sede en Dinamarca, pero, por supuesto, también intervienen actores internacionales. Se hace hincapié en el punto medio de la cadena de valor, los principales productores de vidrio y ventanas, incluyendo a sus proveedores (nativo-activos) y clientes (al por mayor o al detalle), mientras que los clientes finales y las tendencias globales se tratan de forma más indirecta (tal y como los perciben los actores mencionados). Los datos son bastante nuevos, basados principalmente en entrevistas realizadas durante 2009 y principios de 2010, pero también hay información obtenida de internet, datos secundarios y una encuesta nacional³, que ofrece un esquema de las actividades de nanoinnovación y su relevancia para la construcción en Dinamarca, así como estudios anteriores relacionados del autor en el ámbito de la nanotecnología, la nanotecnología ecológica y la nanoconstrucción (véase Andersen y Rasmussen, 2006; Andersen y Molin, 2007; Andersen, 2006; Geiker y Andersen, 2009; Andersen y Geiker, 2009).

La especialización vertical en la cadena de ventanas se caracteriza por tener unos

³ El análisis hace uso de las conclusiones del proyecto «Nanotecnología ecológica en la construcción nórdica: estrategias y dinámicas de eco-innovación en las cadenas de ventanas nórdicas». Para obtener más detalles de la metodología y fuentes utilizadas véase (Andersen, Sanden y Palmberg, 2010). Las empresas nanoinnovadoras a las que se hace referencia se encuentran parcialmente identificadas mediante la encuesta mencionada, y en parte a partir de las principales empresas de ventanas entrevistadas.

pocos fabricantes de vidrio multinacionales muy importantes que cuentan con tecnología avanzada, muchas compañías de procesamiento de vidrio y fabricantes de ventanas, en su mayoría pequeños y tradicionales, y una serie de empresas de la construcción orientadas a diversos proyectos (Andersen *et al.*, 2010). El resultado es un ambiente difícil para la innovación, mucho más para operaciones de alta tecnología. El sistema de innovación danés es pequeño, con unos pocos actores multinacionales grandes, universidades relativamente pequeñas, un nivel relativamente bajo de I+D, pero aun así con un rendimiento innovador en general elevado. Entonces, ¿qué tipo y alcance podemos esperar de las estrategias de eco-innovación e innovación en nanotecnología en la cadena de ventanas danesa? Y ¿cómo se relacionan?

A continuación el cuadro n.º 1 ofrece una visión global de las principales empresas de la cadena de ventanas danesa relevantes para el desarrollo de la nanotecnología. Son las empresas a las que volveremos durante el resto del artículo; las compañías analizadas con mayor detalle están en negrita. Las empresas aparecen en la lista según su posición en la cadena de valor.

El análisis de las siguientes secciones abarca la mayoría pero no todas las empresas nanoinnovadoras identificadas en la cadena de ventanas danesa, pero incluye los principales tipos de empresas que intervienen en dicha cadena. En total siete empresas conforman la base principal del análisis actual: una es una gran multinacional, tres son empresas de dimensión media y otras tres de reciente creación.

Las conclusiones generales son que, a pesar de la baja aceptación general de

Cuadro n.º 1

**Principales empresas estudiadas
en el caso de la cadena de ventanas danesa**

Empresas	Afiliación y país	Área de producto	Antigüedad
Fiberline Composites	DIN	Materiales compuestos para edificios y molinos de viento	Año 1979
Dyrop	DIN	Pintura	Año 1928
Accoat	DIN	Revestimientos	Año 1969
Superwood	VKR Group (DIN)	(Nano) preservación de la madera	Año 2002 (VKR 2006)
Photocat	DIN	Materiales nanofotocatalíticos para vidrio y suelo	Año 2009
ScanGlass	DIN bajo Saint-Gobain Glass (Fr)	Procesamiento de vidrio, venta al por mayor	Año 1935 (Saint-Gobain 1976)
Pilkington Denmark	DIN bajo Pilkington NSG Group (UK)	Venta al por mayor de vidrio y procesamientos menores	Año 1978
Sunarc Technology	DIN	(Nano-) hoja de vidrio para colectores solares, módulos de PV, invernaderos	Año 2000
VELUX	VKR Group (DIN)	Ventanas de techos y tragaluces	Año 1941
Dovista, compuesta por Velfac y Rationel	VKR Group (DIN)	Ventanas verticales y puertas	Dovista 2004 Velfac 1961 Rationel 1954
PRO TEC Vinduer	DIN	Ventanas verticales	Año 1993

Fuente: Basada en las páginas Web de las empresas y en las entrevistas. Los nombres de las empresas en cursiva hacen referencia a la empresa matriz. Las empresas en negrita son las que más se han analizado en este caso.

la nanotecnología en el sector de la construcción, sí existe un elevado número de aplicaciones de nanotecnología en la cadena de ventanas danesa, y la mayoría son ecológicas. Sin embargo, las principales eco-innovaciones no son nano. Tanto las

empresas de reciente creación, las multinacionales realmente grandes como, tal vez lo más sorprendente, las empresas medianas y pequeñas han demostrado desempeñar un papel importante aunque distinto en el desarrollo y la introducción de la nanotec-

nología (ecológica) en la cadena de ventanas. Sin embargo, mientras la eco-innovación va en aumento y se está convirtiendo en un impulsor cada vez más importante de la innovación en el sector de la construcción, la innovación en nanotecnología parece declinar en cierta medida. Todos los actores de la cadena de ventanas están buscando oportunidades de beneficios medioambientales, lo que también influye en las actividades de innovación en el ámbito de la propia nanotecnología aunque de forma más tímida.

Las empresas de la cadena de valor de la ventana utilizan como estrategia de venta la eco-innovación y no el uso de la nanotecnología, incluso esto también ocurre entre las empresas más activas en este último campo. Así, la eco-innovación se está convirtiendo en gran medida en un parámetro de selección, mientras que la nanotecnología no se encuentra en la misma etapa de desarrollo. También significa que hay mucha nanotecnología en la cadena de ventanas, y es poco conocida. A continuación ampliaremos los detalles de esas estrategias y actividades innovadoras.

4. LA NANINOINNOVACIÓN ECOLÓGICA EN LA CADENA DE VENTANAS DANESA

4.1. Desarrollos en la creación de estrategias de eco-innovación

Sin duda, la eficiencia energética es el parámetro medioambiental más importante en el sector de la construcción danés; como hemos mencionado con anterioridad, el sector representa aproximadamente el 40% del consumo energético global. Gracias al creciente interés

por la eficiencia energética como objetivo político según el programa sobre el clima actual, la eficiencia energética se ha convertido durante los últimos años en el impulsor más importante de la innovación en la cadena de la industria de ventanas danesa. Hoy en día todas las empresas de esta cadena esperan que se introduzcan políticas más estrictas para la eficiencia energética, así como que ésta sea una oportunidad de beneficio clave y duradera.

En la industria de ventanas danesa, el papel de las ventanas en la eficiencia energética ha cambiado de forma radical, ya que ha pasado de formar parte del problema en la década de 1980 y 1990 a ser parte de la solución en este siglo. Gran parte de la innovación se ha producido en productos en vidrio de baja emisividad y control de energía⁴, lo que significa que las mejoras en las ventanas contribuyen no sólo a crear «edificios de emisión cero» sino también «edificios generadores de energía sobrante». Últimamente también se empieza a estudiar el marco de la ventana, así como la ubicación y uso de la misma. Las ventanas con una mayor eficiencia energética son hoy en día más eficientes que unas paredes bien aisladas, por lo que las fachadas de vidrio pueden competir con otros materiales de construcción, por lo menos en cuestiones energéticas. Gran parte de esta eco-innovación ha sido realizada por las grandes empresas multinacionales de vidrio, hasta cierto punto como extensión de la industria de automoción, más innovadora, y que es el segundo cliente en importancia del vidrio plano.

⁴ Low E = vidrio de baja emisividad, vidrio de control energético que reduce el sobrecalentamiento y por lo tanto la necesidad de ventilación, la cual consume mucha energía.

Hasta la década de 1980 se producía la situación contraria. Las amplias medidas políticas para mejorar la eficiencia energética de los edificios ya se habían iniciado en la década de 1950, y con el paso de los años la emisividad de energía del vidrio de las ventanas se fue limitando todavía más. La normativa medioambiental en el ámbito nacional, y cada vez más en el europeo, era y sigue siendo un impulso importante y muy directo de la innovación en la industria del vidrio y las ventanas. El marco de la ventana no se tenía en cuenta, pero en la década de 1980 las autoridades danesas introdujeron limitaciones en la cantidad (superficie) de ventanas que estaban permitidas en los nuevos edificios desde que fueron consideradas puntos de pérdida de energía. Por consiguiente, en aquel momento las ventanas eran un producto no ecológico y los productores de vidrio y ventanas tenían un perfil medioambiental negativo. Las grandes multinacionales del vidrio ya estaban muy comprometidas con el I+D para mejorar el rendimiento energético del vidrio. Por otra parte, la industria de ventanas era menos activa en aquella época. El diseño y mantenimiento eran y siguen siendo un criterio importante de producto, y las ventanas de madera-aluminio, elegantes y que requerían poco mantenimiento, ganaron popularidad entre los productores de ventanas daneses en los años noventa y principios del siglo XXI, pese a ser poco eficientes energéticamente.

El vidrio se había convertido en material bastante ecológico, pero el marco de ventana no, y los responsables de formular políticas y los usuarios se dieron cuenta demasiado tarde de que los marcos de ventana funcionan como puente térmico.

Durante los últimos años hemos observado un profundo cambio en la estrate-

gia de eco-innovación. Hoy en día se está produciendo una intensa búsqueda de nuevas oportunidades de beneficio ecológico por parte de todos los actores de la cadena de ventanas, por lo menos los que participan en el presente análisis, y ni mucho menos el caso de la industria de ventanas. Sin embargo, muchos de ellos representan los mayores actores de la cadena, sobre todo en la industria de ventanas. El caso de los actores más pequeños puede ser distinto.

Últimamente hemos detectado un interesante cambio estratégico en las mayores empresas de ventanas en Dinamarca, que han pasado de centrarse en desarrollar ventanas a ejercer de desarrolladores de edificios ecológicos. Cada vez están más implicados en eco-innovaciones sistémicas avanzadas relacionadas con la alta tecnología. Estas empresas han desarrollado estrategias de eco-innovación proactivas con el objetivo de demostrar que es posible desarrollar edificios energéticamente eficientes con una gran cantidad de ventanas. Por lo visto han tenido éxito.

A continuación estudiaremos con más atención las actividades eco-innovadoras entre los principales actores de la cadena de ventanas danesa, con especial hincapié en las que utilizan nanotecnología. Primero nos centramos en la industria del vidrio y a continuación en la industria de ventanas.

4.2. **Nanoinnovación ecológica**

La industria del vidrio

La principal entrada de la nanotecnología en la cadena de ventanas danesa se ha producido a través de las grandes multina-

cionales del vidrio. Las compañías Pilkington y Saint Gobain dominan los mercados del vidrio danés y nórdico a través de sus sedes nacionales o filiales dentro del procesamiento y distribución del vidrio desde la década de 1970, pero también hay unas 29 empresas, principalmente pequeñas, que se dedican al procesamiento del vidrio o a la venta al por mayor en Dinamarca. Ya no queda producción de vidrio plano en el país.

La nanociencia lleva los últimos 30 años dominando los revestimientos de vidrio, mucho antes de que se pusiera de moda la palabra nanotecnología. Todos los revestimientos de vidrio plano modernos se basan en la nanotecnología, y las multinacionales del vidrio han tomado la delantera en el desarrollo de esos revestimientos de vidrio avanzados. Según la empresa Pilkington Denmark, la competencia en el sector del vidrio es dura, y muy orientada a la tecnología. La producción moderna de vidrio es continua, una producción masiva a gran escala que requiere grandes inversiones en bienes de capital. En este sector existe un gran grado de concentración. Se estima que en 2004 los cuatro mayores actores globales, las empresas NSG (que desde 2006 incluye el gran grupo Pilkington), Saint Gobain Glass, Asahi y Guardian Industries, poseían como mínimo el 80% del mercado del vidrio plano en Europa.⁵

La innovación de los productos en los últimos treinta años se ha centrado en desarrollar vidrio que cumpliera una variedad cada vez mayor de funciones, entre ellas lograr una eficiencia energética, aparte de la luz y las vistas, funciones como la baja emisividad (aislamiento térmico), el control

solar (para controlar el calentamiento y reducir la ventilación), la resistencia (resistencia a la rotura), la seguridad (resistencia a los robos), la resistencia al fuego, la reducción del ruido, el ser antireflectante, la auto-limpieza, la resistencia a las rayas y la decoración. Esos productos de gran valor se consiguen procesando el vidrio plano básico a base de laminar, endurecer y revestir, además de montar el vidrio en unidades de vidrio aislantes (doble o triple acristalamiento). Los revestimientos actuales son multicapa, de hasta siete o más capas, para lograr un vidrio multifuncional. La investigación y desarrollo sobre el tema sigue siendo intensa.

Según Pilkington Denmark, la eficiencia energética ha sido un impulsor esencial que sigue creciendo dentro de la innovación en el vidrio, impulsada en gran parte por las iniciativas provenientes de las políticas, que han sido considerables durante los últimos 20 años. El vidrio de baja emisividad y control solar es estándar en los mercados actuales, y se logra mediante revestimientos blandos. Los mercados daneses y nórdicos se consideran mercados avanzados en productos de vidrio. Sin embargo, siguen existiendo muchas zonas, como por ejemplo en Europa del Este pero también en EE.UU., que están muy atrasadas en vidrio aislante y siguen teniendo principalmente vidrio estándar de una sola capa en el stock de construcción actual. La tecnología de revestimiento duro suscita un interés especial en el campo del vidrio para las tecnologías solares, donde el mercado está en plena expansión gracias al estricto programa sobre el clima, y pese a la grave crisis económica en la construcción. Se considera que las casas ecológicas de Dinamarca y el resto del mundo que sirven de muestra tienen un papel im-

⁵ Fuente: <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/07/1781, 2007>.

portante en el avance de innovaciones radicales de producto en vidrio y ventanas, ya que se pueden probar las innovaciones más radicales y por qué se invierte más en esos proyectos.

Todos los grandes actores del vidrio tienen amplias actividades de I+D y una variada cartera de productos en producción de vidrio plano dirigida a sus dos clientes principales, bastante distintos: el sector de la construcción, tradicional y con poca I+D, es el principal cliente, suponiendo entre el 80% y el 85% de la producción total, y el otro es el sector del automóvil y el transporte, muy innovador y con una I+D muy intensa, que responde a la mayor parte de las aplicaciones restantes. Varias empresas matrices tienen extensas actividades en otras partes del sector de la construcción, y relevantes para el desarrollo de la nanotecnología, también en materiales y productos químicos. Pilkington gasta unos 33 millones de libras al año en investigación y desarrollo, que llevan a cabo dos organismos de organización global dentro de las dos líneas de negocio, productos para la construcción y productos automovilísticos.

Pilkington lanzó en 2001 la primera ventana con autolimpieza, que se hizo mundialmente famosa por ser uno de los primeros productos de nanoconsumo conocidos. Sin embargo, el producto ha resultado ser un gran fracaso pese a su buena funcionalidad. A pesar de la nanofama del producto del vidrio con autolimpieza, Pilkington no utiliza oficialmente el término nanotecnología, sino que hace referencia a revestimientos. Pilkington en general tiene un perfil bajo en nanotecnología, y no hay información sobre nanotecnología en su material informativo ni en la página web. Los otros grandes productor-

res de vidrio siguen una estrategia de perfil bajo parecida respecto de la nanotecnología, a excepción de PPG, la sexta en tamaño. Según Pilkington Denmark, su perfil bajo se debe en parte al incierto debate sobre los nanorriesgos, y en parte a la considerable incertidumbre en cuanto a qué es nanotecnología y qué no. Los ejemplos de productos que han resultado ser nanofalsos han provocado una reacción negativa en los clientes. En la actualidad la empresa no ve oportunidades de beneficio en el nanomarketing, pero se publicita como una empresa ecológica.

Los otros dos ejemplos de entrada de la nanotecnología en el mercado danés del vidrio son empresas de reciente creación. La empresa Sunarc inició su andadura comercial en el año 2000 especializándose en la producción de superficies antireflectantes con nanoestructuras en hojas de vidrio de grandes dimensiones. El vidrio está orientado al nicho del mercado de los colectores solares y los módulos de PV, y en menor medida a los invernaderos. La idea es minimizar la luz reflejada por el vidrio para mejorar su transmisión, muy importante sobre todo para las tecnologías solares. La tecnología utilizada es, según la página web de la empresa, única en el mundo. Tras varios baños el vidrio es sometido a un proceso especial de grabado completamente automatizado. La superficie de AR resultante es una estructura nanoporosa de aproximadamente 100 nm de grosor en ambos lados del vidrio, que libera entre un seis y un ocho por ciento más de luz solar según la inclinación del vidrio. Por eso los productos de Sunarc son un ejemplo de un proceso de producción de nanotecnología bastante sencillo en el que la nanoestructura pasa a formar parte del vidrio en sí en vez de añadir un revestimiento. Tras un lento inicio se

ha producido un aumento constante en las ventas, que durante los últimos años han explotado con el auge de las tecnologías solares. El 99% de la facturación de la fábrica danesa se exporta a Europa. En 2006 la empresa se trasladó a unas nuevas instalaciones productivas, y ese mismo año obtuvo el premio Gazelle de Børsen por ser la segunda empresa de crecimiento más rápido en Dinamarca. Actualmente Sunarc ha programado una nueva línea de producción, y está en proceso de abrir nuevas plantas en otras regiones del mundo.

Las capacidades que subyacen en la producción son principalmente tácitas y esencialmente se basan en los empleados. Los elementos críticos se encuentran en el fino ajuste del proceso de producción, que es primordial para lograr una buena calidad de producto uniforme. La empresa ha preferido no patentar su tecnología. Muchos, han intentado copiar lo que están haciendo, también las grandes empresas del vidrio, pero, aunque la producción a escala de laboratorio es fácil, es muy difícil aumentar la escala comercial. Sunarc sigue siendo el principal productor a gran escala con esta tecnología.

Sunarc está pensando en fabricar vidrio de baja emisividad para un uso arquitectónico general, pero de momento no han interactuado con los actores de la construcción. Han detectado nuevas oportunidades de beneficio en el mercado de las ventanas de gran eficiencia energética, caracterizado por un rápido crecimiento. Sobre todo ven potencial en la mejora de la transmisión de la luz, actualmente no muy buena, en las ventanas aislantes de tres capas.

Un tercer ejemplo de nanoinnovación ecológica en la cadena de ventanas es la compañía danesa de reciente creación

Photocat A/S. Photocat es una empresa creada recientemente en Dinamarca (en julio de 2009) que desarrolla y comercializa materiales avanzados con nanoestructuras y revestimientos con propiedades photocatalíticas, por ejemplo funciones de autolimpieza. La empresa se vende como una compañía basada en la nanotecnología limpia.

Photocat cuenta con un producto orientado al mercado del vidrio, ShineOn® Pro, que es un tratamiento de mercado secundario para hacer la autolimpieza del vidrio de ventanas. Sin embargo, la empresa se está centrando cada vez más en desarrollar suelos con propiedades de autolimpieza para mejorar el clima interior, especialmente de las viviendas eficientes energéticamente. Esta empresa identifica nuevas oportunidades de negocio en este nuevo segmento de mercado de vivienda, con el objeto de resolver los nuevos problemas que se asocian a las mismas, como pueden ser los derivados del gran hermetismo que se produce en este tipo de casas.

La empresa es una prolongación de la compañía danesa SCF Technologies A/S, igual de joven y también dedicada a las nanotecnologías, especializada desde 2003 en la llamada «tecnología supercrítica». SCF experimentó con una serie de aplicaciones, pero se centró relativamente rápida en los biocombustibles fabricados a partir de residuos orgánicos y en el vidrio con autolimpieza. Su primer producto lanzado en 2006 se basaba en nanomaterial importado desde China, pero el producto pronto se enfrentó a una serie de dificultades técnicas. A medida que los problemas iban quedando más claros, el grupo de material avanzado de SCF empezó a trabajar para desarrollar su propio producto, el nuevo ShineOn®. El trabajo no estaba basado en la tecnología supercrítica, sino

en conceptos nanocientíficos básicos sobre la fotocatálisis. La tecnología básica desarrollada consiste en crear y configurar conjuntos de nanopartículas. Photocat tiene cinco aplicaciones con patente en proceso. El nuevo producto consiste en dos líquidos y un conjunto de contenedores de espray recomendados, además incluye la formación necesaria para garantizar un manejo seguro y correcto. El producto solo se está comercializando a clientes profesionales como vidrieros y empresas de renovación.

A medida que SCF Technologies fue aumentando su interés por el campo de la biotecnología, empezaron a pensar en derivar el trabajo fotocatalítico. Las personas que trabajaban en el vidrio de autolimpieza se habían puesto en contacto con una empresa de suelos sueca, Välinge Innovation, en 2007, y surgieron nuevas ideas dentro del grupo de producir suelos descontaminantes para mejorar el clima interior. Junto con Välinge desarrollaron un nuevo suelo compuesto patentado, ActiFloor, en el que se integran nanopartículas fotocatalíticas en la matriz de la capa superior, el primero de este tipo en el mundo. En verano de 2009 el producto fue presentado a los tres primeros clientes que conformaron la base para fundar la empresa Photocat en julio de 2009.

ShineOn en la actualidad se comercializa con licencia a empresas de venta al por mayor en el Reino Unido y Estados Unidos, y por el momento con un éxito moderado. En Dinamarca las actividades de marketing han sido limitadas, y no han encontrado un socio de licencia. Durante la fase de desarrollo se estableció contacto con Dovista, que probó la primera versión del producto, pero no le resultó satisfactorio. Debido a esta experiencia sin éxito, no

han intentado más contactos con la industria del vidrio y la ventana en Dinamarca. Se intentó organizar una reunión con el Gremio de Vidrieros de Dinamarca, pero nunca se llevó a cabo debido a la falta de interés por parte de la empresa SCF en aquel momento.

La documentación es un elemento importante en la estrategia de Photocat. Las propiedades de autolimpieza del producto han sido verificadas de forma independiente, y la capacidad de limpieza iguala la de las conocidas marcas Pilkington y Saint-Gobain. También están documentadas cuestiones de salud y riesgo relacionadas con las nanopartículas; todos sus productos cuentan con hojas de seguridad de datos de material completas, hechas en colaboración con expertos del campo y en cumplimiento con la normativa de este ámbito.

Dado que el negocio central de Photocat se centra cada vez más en el futuro ámbito de productos de suelos, en la actualidad están prestando menos atención a los productos de vidrio. Junto con la empresa sueca de suelos, las dos compañías han formado una nueva empresa de IP (*intellectual property*) que irá aumentando la escala de los suelos hasta la producción industrial en sus nuevas instalaciones suecas de producción en 2010.

La industria de ventanas

En Dinamarca existen unas 300 pequeñas empresas de ventanas. La industria de ventanas danesa está dominada por un gran grupo, VKR Group, que tiene un nivel importante de I+D. El VKR Holding Group, más concretamente sus dos principales compañías Dovista y Velux, que mantienen una estrecha colaboración en I+D, concen-

tran la mayor parte de nanoactividades en la industria de ventanas danesa.

Dovista es el grupo madre de los principales productores daneses de ventanas verticales, Velfac y Rationel, y lleva a cabo la I+D para ellos. Por el momento la empresa no está muy involucrada en la nanotecnología, pero el interés va en aumento. Están continuamente estudiando a sus proveedores en busca de nuevas soluciones avanzadas a sus problemas, que incluyen nanosoluciones, pero no existe una búsqueda definida de innovaciones nanotecnológicas. Dovista inició en 2009 junto con una universidad danesa su primer nanoproyecto en I+D, orientado a reducir los problemas de condensación de las ventanas. Los problemas de condensación han sido importantes para muchos productores de ventanas daneses, pero está aumentando debido a los edificios eficientes energéticamente, más herméticos.

VELUX, la empresa dominante dentro de VKR, especializada en ventanas de techos, cuenta con una marca de fama internacional. Hace tiempo que la nanotecnología es un aspecto que interesa a VELUX porque desempeña un papel importante para algunos de sus proveedores y en los componentes de sus productos. VELUX confía en la I+D interna, así como en el diálogo con sus proveedores para crear sus nanocapacidades. Están interesados en mantener un registro de los desarrollos en este campo, y quieren contar con las capacidades necesarias para poder seleccionar los productos adecuados en el momento justo.

La mayor parte de las nanoactividades de Velux van dirigidas al proveedor. Solo han participado en un nanoproyecto de I+D con institutos de conocimiento: el proyecto danés NanoPaint entre 2005 y 2009,

en el que participaron algunos proveedores daneses de pintura, revestimiento y productos químicos, además de instituciones académicas. Velux estaba interesada en el desarrollo de una pintura más duradera para la madera, así como en revestimientos metálicos más ecológicos, intentando encontrar alternativas al tóxico cromo 6. El resultado fue limitado. Según VELUX, sus principales fuentes de conocimiento sobre revestimientos siguen siendo sus grandes proveedores internacionales, a los que VELUX considera a la cabeza del desarrollo tecnológico, también en nanorevestimientos.

La I+D de Velux no solo se centra en la producción de marcos, también contiene una sección de vidrio, ya que la selección del mejor vidrio es un factor competitivo clave. Las aportaciones nanocientíficas son importantes en la sección de I+D de vidrio, donde mantienen un diálogo cercano con los grandes productores de vidrio sobre nanorevestimientos, que conocen al detalle.

El vidrio nanorevestido multifuncional es estándar en la cartera de productos de Velux. El vidrio con autolimpieza, por ejemplo, es interesante porque las ventanas del techo son difíciles de limpiar; es lo normal en algunos países, mientras que en otros es opcional en tipos especiales de ventanas VELUX. Consideran que la demanda de gran rendimiento energético es la impulsora principal de la innovación en productos de vidrio durante las últimas dos décadas y que se ha intensificado durante los últimos diez o cinco años. Hoy en día el vidrio de baja emisividad y de control solar control son estándar en los mercados de VELUX.

Sin embargo, el grupo VKR también se ha involucrado recientemente en una

eco-innovación radical basada en la nanotecnología en conservación de madera. En 2006 compraron la pequeña empresa joven danesa Superwood, que había desarrollado un método ecológico de preservación de la madera basado en la nanotecnología (la tecnología supercrítica). Con una patente de 2001, Superwood hizo el primer abeto del mundo completamente preservado, protegido hasta el núcleo. Además de ser de mayor duración, el método permite la impregnación de especies de madera como el abeto, que no se puede impregnar utilizando métodos tradicionales, y la madera puede ser utilizada justo después de la impregnación. La «supermadera» es única en el mundo y está comercialmente disponible para el uso del consumidor desde 2006; el mercado para este producto ecológico se está expandiendo rápidamente. Superwood comercializa sus productos como productos ecológicos en vez de nanoproductos.

Desde 2008 Dovista y Velux han iniciado un proyecto conjunto de I+D con Superwood. Por una parte prueban la supermadera en las ventanas de sus proyectos de casas muestra, y por otra se implican en un mayor desarrollo del producto para cubrir las necesidades específicas de producción de ventanas. La idea es utilizar la tecnología supercrítica para lograr durabilidad gracias al tratamiento antifúngico de la madera, además de lograr un efecto repelente al agua. De momento los resultados son muy prometedores y esperan poder iniciar en un futuro próximo la producción a gran escala de los marcos de supermadera modificados. Dicha producción será única en el mundo en producción de ventanas.

Tal y como hemos mencionado con anterioridad, la eficiencia energética en los

marcos de ventanas no ha sido tradicionalmente un impulsor importante de innovación entre los productores de ventanas daneses. Sin embargo, la creciente demanda ecológica, siguiendo el apretado programa sobre el clima y las medidas de políticas sistémicas, más estrictas pero flexibles, orientada al equilibrio energético de la ventana entera, ha creado incentivos para innovaciones de productos ecológicos más radicales, como los dos ejemplos de marcos de ventanas basados en compuestos. Pese a que muchos materiales compuestos son potenciados por la nanotecnología, estos no.

Uno de los productores de ventanas implicados más pequeños en Dinamarca, Protec, ha emprendido recientemente una innovación de producto radical consistente en pasar de la producción de alumadera a marcos de madera fabricados con materiales compuestos, con una eficiencia energética mucho mayor, con la intención de desarrollar un producto ecológico.

La innovación ha resultado bastante difícil, y ha requerido una serie de innovaciones complementarias, como pomos, sistemas de cierre, etc. Protec mantuvo una estrecha colaboración con su proveedor de compuestos, la consolidada empresa danesa de alta tecnología Fiberline, que es uno de los principales productores de compuestos reforzados con fibra de vidrio para uso en edificios y componentes de edificios (incluidas ventanas), así como molinos de viento. Suministran a otros productores de ventanas extranjeros, incluso antes de entrar en el mercado danés, son defensores activos de las innovaciones radicales en el sector de la construcción, también de las ecológicas, y argumentan y demuestran que su material es ligero, fuerte y eficiente

energéticamente. Se le puede dar nuevos usos dentro de la construcción, como explican mediante productos de muestra avanzados de desarrollo propio en su enorme sala de exposiciones. En otras palabras, fue relativamente fácil para Protec introducir las capacidades de Fiberlines que ya iban dirigidas al mercado de ventanas. Fiberline, pese a ser bastante tecnológica, no es activa en el desarrollo de nanotecnología, y solo posee ideas e intereses menores en cuanto a nanotecnología, pese a que los nanocompuestos son un tema bastante importante. La empresa ha tenido en cuenta tres cuestiones menores relacionadas con la nanotecnología (revestimientos), pero de momento no se ha producido ninguna innovación. De momento, Protec compite con éxito en atraer un precio preferente menor para sus productos eficientes energéticamente, aduciendo que el comprador ahorrará en costes de energía a largo plazo.

Otro productor que ha empezado a estudiar el desarrollo de marcos de ventana compuestos es Dovista, también con el objetivo de producir ventanas más eficientes energéticamente. Intentan desarrollar nuevos compuestos específicamente orientados a la producción de ventanas implicándose en un exigente proyecto de I+D en colaboración con proveedores extranjeros. De momento sus marcos compuestos siguen en desarrollo, y solo se están aplicando en sus casas ecológicas de muestra. Albergan grandes expectativas respecto del nuevo material, y esperan poder ampliar la producción en un futuro próximo. Entretanto, la producción de marcos de madera y de alumadera sigue siendo el principal estándar en el grupo VKR, que necesita poder suministrar grandes cantidades con una calidad verificada.

La eco-innovación más radical en la cadena de ventanas es de carácter más estratégico que técnico. Hemos observado un interesante cambio estratégico en el grupo VKR durante la primera década de este siglo, ya que está pasando cada vez más de centrarse en desarrollar componentes de edificios a desarrollar edificios ecológicos. Velux y Dovista funcionan ahora como los principales actores en varios proyectos de casas ecológicas de muestra. Éstas, construidas por muchos municipios, se consideran fuentes importantes de innovación de producto experimental en las que el precio importa menos. Gracias a estos proyectos están desarrollando una inteligente eco-innovación sistémica en el ámbito de los edificios. Es decir, están integrando ventanas con sistemas electrónicos avanzados e intentando optimizar el diseño de casas ecológicas para lograr un mayor aprovechamiento de la luz solar (la ubicación de las ventanas en un edificio es muy importante para el rendimiento energético), luz artificial (LED basados en nanotecnología) y ventilación natural, y por tanto ahorrar energía en el plano del usuario. Gracias a estas medidas, el grupo VKR intenta demostrar que es posible y atractivo hacer edificios ecológicos avanzados con una gran cantidad de ventanas. Así, puede resultar amenazador para las empresas de construcción existentes, al asumir una nueva función como integradores de sistemas en el mercado emergente de los edificios ecológicos.

Tanto VELUX como Dovista tienen desde hace tiempo sistemas avanzados de gestión medioambiental, y las normas de búsqueda ecológica parecen estar integradas en el campo de la I+D, teniendo en cuenta no solo la eficiencia energética sino la toxi-

cidad, la gestión de residuos y la minimización de residuos asociados a su producción y productos de forma rutinaria. La empresa VELUX, la más nanoactiva, sopesa con cuidado su implicación con la nanotecnología teniendo en cuenta sus posibles consecuencias negativas para el medio ambiente y la salud, una cuestión a la que prestan mucha atención.

Los demás productores de ventanas, la mayoría pequeños, siguen confiando en los marcos de madera y alumadera de momento⁶ y tal vez en un futuro vean que se introducen paulatinamente en un difícil ambiente competitivo debido a las eco-innovaciones avanzadas que han ido surgiendo últimamente en el campo de los marcos de ventanas, mientras la demanda ecológica siga siendo elevada.

5. CONCLUSIONES

Una de las conclusiones empíricas generales es que la eco-innovación parece ser una importante impulsora de la nanotecnología, ya que todas las aplicaciones de nanotecnología detectadas en la cadena de ventanas eran ecológicas. Pese a que no todas las principales eco-innovaciones eran nanotecnológicas, muchas sí lo eran. En la cadena de ventanas existe un nivel sorprendentemente alto de aplicación de nanotecnología. Resulta sorprendente porque se preveía una capacidad de absorción baja en el sector de la construcción, con una I+D relativamente baja en nanotecnología, pero también porque gran parte de

la nanotecnología aplicada en la cadena de ventanas es poco conocida. También resulta sorprendente porque hace solo unos años los edificios ecológicos no eran considerados muy tecnológicos, sino que reinventaban las técnicas de construcción tradicionales, y de hecho algunos eran muy ecoeficientes.

A continuación comentaremos las conclusiones de un estudio más profundo de la dinámica industrial que se esconde tras estas tendencias siguiendo los tres pilares del modelo de Langlois y Robertson (1996), aunque reordenándolos un poco. Empezaremos comentando la distribución de capacidades en las empresas y el mercado, pasaremos a abordar el nivel de desarrollo del mercado y terminaremos con la naturaleza del cambio económico. La explicación es complicada porque mezcla necesariamente la dinámica de la eco-innovación con la dinámica de la evolución de la nanotecnología. Sin embargo, uno de los principales puntos de este artículo ha sido justamente ilustrar la naturaleza multifacética del proceso económico. Pese a que la eco-innovación a menudo es tratada de forma aislada en la investigación medioambiental, es importante recalcar que forma parte y compite con muchas otras tendencias y trayectorias tecnológicas del mercado en un momento determinado. Éstas tienen una influencia mutua y varían en importancia relativa en la economía global a lo largo del tiempo. Esta vertiente multifacética es uno de los principales retos para la estrategia corporativa.

La distribución de capacidades en la empresa y el mercado

Sin duda, la enorme organización integrada que forman las grandes empre-

⁶ Existen algunos productores de ventanas más que están intentando desarrollar otros tipos de ventanas dotadas de eficiencia energética (la llamada «ventana rusa», con un sistema avanzado de circulación de aire) que no utilizan nanotecnología.

sas del vidrio funciona como principal desarrollador de tecnología en la cadena de ventanas. Por lo menos ese parece ser el caso cuando se trata de nanotecnología, con una base muy científica, en la que los grandes laboratorios y las oportunidades de experimentación a gran escala constituyen factores decisivos del desarrollo tecnológico. Asimismo, los grandes proveedores de productos químicos y metal son importantes desarrolladores de nanotecnología, mientras que al parecer los pequeños proveedores locales (daneses) y las instituciones académicas han sido menos importantes. La gran organización integrada parece contar en general con grandes nanocapacidades, y resulta sorprendente confirmar que hace tiempo que es así, de modo que funciona como la fuente principal para que las empresas se inicien en este tema. Esas organizaciones han perseguido desde un principio estrategias de eco-innovación proactivas y eficaces, además de crear capacidades ecológicas, lo que contribuye de forma significativa al hecho de que el vidrio (el cristal) se vuelva ecológico (por lo menos a juzgar por el importante parámetro de la eficiencia energética) antes que el marco de la ventana. Como mínimo los nanorevestimientos avanzados para el aislamiento térmico y el control solar son hoy en día éxitos comerciales, y ya son un estándar del mercado en muchas economías. Una distribución más global, que está prevista dada la atención global al cambio climático, tendrá un mayor impacto en las reducciones de carbono.

La organización muy grande y semi-grande integrada también parece ser un medio importante de migración y coordinación de conocimiento, no solo dentro de la cadena de valor, es decir, entre los fabri-

cantes de vidrio plano y los actores del procesamiento y la distribución de vidrio, sino también entre diferentes sectores y mercados. Un ejemplo es la extensión de la innovación en nanovidrio para coches al sector de la construcción dentro del mismo gran grupo del vidrio, o la transmisión de conocimiento de una empresa del grupo VKR a las demás, por ejemplo operando en el mercado de ventanas de tejados y ventanas verticales. Sin embargo, también observamos discrepancias en el campo de las nanoestrategias y las nanocapacidades dentro de organismos incluso de tamaño medio, como las diferencias entre Velux y Dovista dentro del grupo VKR, pese a mantener una colaboración en I+D bastante estrecha.

Sin embargo, los grandes actores se ven complementados de forma significativa por las esforzadas empresas de reciente creación que, como era de esperar, desarrollan importantes nichos dentro de las eco-innovaciones de alta tecnología, tanto las radicales como las menos radicales. Este panorama sugiere que tanto las empresas grandes como las pequeñas desempeñan un papel significativo en el desarrollo de nanotecnología ecológica en la etapa actual. Sin embargo, los principales actores de tamaño medio en la industria de ventanas danesa demuestran una capacidad considerable de absorción de nanotecnología con nanocapacidades extendidas, pero también juegan un papel sorprendentemente activo en el desarrollo real de la nanotecnología en el campo de los marcos. La especialización vertical en la cadena de ventanas, con pocos fabricantes de vidrio internacionales muy grandes, muchos pequeños fabricantes de procesamiento de vidrio y de ventanas, la mayoría tradicionales, y una variedad de empresas

de la construcción orientadas a proyectos, no parecen constituir un entorno tan difícil para las operaciones de nanotecnología avanzada como cabía esperar. La combinación de las empresas grandes y pequeñas como desarrolladores de nanotecnología y el sistema tecnológico relativamente avanzado que integra a actores medios como usuarios clave y desarrolladores parece ofrecer una capacidad de absorción bastante alta para la nanotecnología. La industria de las ventanas parece capaz de acoger una serie de nanotecnologías y ser la clave de la comercialización de la nanotecnología en la cadena de ventanas de forma más amplia.

Por lo tanto, resulta interesante que los mayores actores de las ventanas intensifiquen su función de integradores del sistema con su reciente cambio estratégico de proveedores de ventanas a proveedores de edificios, un cambio claramente impulsado por la tendencia a la eco-innovación. Parece que las eco-innovaciones más sistémicas que están emergiendo también se están volviendo cada vez más tecnológicas (sistemas inteligentes). Eso puede influir significativamente en la dinámica de ecológización de la industria, lo que les da una ventaja respecto de las empresas y sectores con un alto nivel de I+D.

Observamos que todos los actores de la cadena de ventanas (por lo menos los que han sido estudiados) están buscando con interés oportunidades de beneficio ecológico, pero es la industria de ventanas la que está cambiando su organización económica redistribuyendo al máximo sus capacidades, con un papel cada vez mayor de integradores de sistemas de edificios ecológicos inteligentes. No se produce la misma búsqueda intensa de oportunidades de nanobeneficios, pero siguen existiendo

nanointereses y nanoactividades, y las nanocapacidades van aumentando como mínimo en la parte superior y media de la cadena.

Resulta interesante que también los actores medios como Protec y Fiberline estén demostrando ser bastante innovadores, de hecho son responsables de algunas de las eco-innovaciones más radicales, en realidad posiblemente más radicales que las de las empresas de reciente creación, que a menudo se consideran las iniciadoras de los nichos ecológicos radicales. Puede considerarse una señal de las estrategias y capacidades ecológicas que se han extendido de forma generalizada en la cadena.

Parece que las empresas están cada vez más en una «sintonía» parecida (véase también Andersen, 1999, 2002, 2010b). En el nivel básico de I+D observamos la emergencia de normas de búsqueda y capacidades ecológicas cada vez más extendidas, que alimentan una base subyacente de conocimiento ecológico cada vez mayor.

Esta ecologización general, cada vez más intensa, del proceso económico no significa que todas las empresas, ni siquiera las que son bastante ecológicas, estén persiguiendo una estrategia competitiva ecológica muy avanzada. Otras cuestiones competitivas pueden superar a las ecológicas. En la industria de la ventana vemos ejemplos en los que los marcos de alumadera siguen dominando el mercado, pese a que funcionen como puentes térmicos, mientras el mercado de los marcos compuestos más eficientes energéticamente sigue siendo un nicho pequeño.

El principal punto es que observamos un marcado aumento en el ámbito de la

estrategia corporativa proactiva para la eco-innovación, sobre todo durante la primera década de este siglo, así como la creación de fuertes expectativas ecológicas en las empresas de la cadena. Necesitamos saber más de la distribución de las estrategias y capacidades de eco-innovación entre los actores en un plano inferior, incluyendo los usuarios finales. Es necesario estudiar más a fondo cómo las empresas pequeñas y las de tamaño medio-pequeño están reaccionando a las crecientes oportunidades de beneficio ecológico, como la multitud de empresas más pequeñas de ventanas, procesamiento de vidrio y distribución en Dinamarca.

El nivel de desarrollo del mercado

En general, observamos una mayor cantidad de propiedades de selección ecológicas en el mercado de la construcción danés, como parte de una evolución global de la economía ecológica. Está claro que la normativa medioambiental ha tenido un impacto importante y muy directo en las actividades de eco-innovación, y ha dado paso a estrategias bastante reactivas por parte de las empresas de la cadena, ya que hasta mediados de la presente década solo se producía la innovación para anticiparse a las nuevas normativas. Las condiciones originales para las estrategias de innovación proactivas eran difíciles en épocas anteriores, cuando las ventanas eran vías de pérdida de energía, la industria tenía una reputación medioambiental negativa en el mercado y en general el mercado ecológico no estaba tan desarrollado. Las empresas de ventanas competían con otros parámetros que las ecológicas, el diseño siempre había sido un factor competitivo clave en el sector de la construcción. Eso ha cam-

biado radicalmente, sobre todo durante los últimos años, ya que, gracias a la innovación, las ventanas están empezando a contribuir positivamente al rendimiento energético de los edificios. Ese cambio ilustra un elemento esencial de la estrategia corporativa para la eco-innovación. La reputación ecológica en el mercado es decisiva para incentivar a la empresa a desarrollar estrategias para la competitividad ecológica. Las empresas deben tener alguna expectativa de que sea posible y atractivo atraer rentas ecológicas. Dichas expectativas pueden cambiar, debido tanto a factores internos como externos, pero es importante la extensión del mercado ecológico.

La rápida ecologización reciente de la cadena de ventanas, que se extiende al sector más amplio de la construcción, ilustra la etapa más consolidada del mercado ecológico en la última década, que funciona bastante bien en la actualidad. Ya existen instituciones de apoyo al mercado o también se pueden establecer rápidamente, y existen expectativas y visiones ecológicas compartidas por parte de las empresas en la cadena de ventanas. Las compañías interdependientes están adoptando en general el mismo enfoque ecológico, aunque no necesariamente al mismo ritmo. En consecuencia, las necesidades de la coordinación entre empresas y los costes de transacción dinámicos se ven radicalmente reducidas en comparación con la situación en la década de 1980 y 1990, cuando el mercado ecológico se encontraba en una etapa temprana, lenta e irregular de desarrollo. Hoy en día es bastante fácil adquirir las capacidades ecológicas, y las prácticas medioambientales están bien consolidadas.

El caso muestra cambios bastante radicales en la evolución de la economía eco-

lógica de los últimos veinte años, que es el período de mayor emergencia del mercado ecológico en economías más avanzadas y con más riqueza como la danesa. Este caso ilustra con claridad la evolución de la economía ecológica, que implica cambios cualitativos en el sistema económico. Observamos que las cuestiones medioambientales pueden actuar como un nuevo criterio de selección y las empresas se animan a aprovechar las nuevas oportunidades de beneficio ecológico. Cada vez más el mercado actúa como un aparato de selección ecológica aún más eficaz. La competencia ecológica cada vez es más importante e influye, y mucho, en la selección de productos, y en muchas empresas y sectores en los que es más importante la competitividad ecológica, en la selección de proveedores y clientes, (que a menudo son importantes como socios de aprendizaje ecológico), empleados, instituciones financieras y de seguros, etc. Con el creciente mercado ecológico, existen costes sumergidos de la eco-innovación, y es aún más fácil emprender eco-innovaciones para los recién llegados, pero los rendimientos económicos también pueden ser menores, ya que hay muchos más actores intentando atraer rentas ecológicas.

La ola ecológica se ha notado especialmente en el mercado de la construcción, y en la actualidad está bastante viva (marketing activo), mientras que la ola de la nanotecnología, mucho más nueva e inmadura, parece ir en declive, por lo menos en comparación con la atención que se dedicaba a las nanocuestiones a principios del milenio. En la actualidad el nanomarketing es bastante silencioso (marketing pasivo, si no evasivo). La incertidumbre relacionada con

los riesgos asociados a la nanotecnología juegan un papel significativo en la formación del mercado.

La ola ecológica en la economía influye mucho y de forma bastante directa en la introducción de la nanotecnología en la cadena de ventanas. Puede ser debido simplemente al hecho de que las cuestiones relacionadas con el cambio climático son en la actualidad un impulsor cada vez mayor del desarrollo económico, también en el sector de la construcción, que tanta energía consume. Sin embargo, una hipótesis podría ser que la nanotecnología está pasando al ámbito de beneficio social como los problemas medioambientales, la salud, la alimentación y el suministro de energía en gran medida debido a una necesidad extraordinaria de compensar sus posibles riesgos con beneficios sociales. Sobre todo en la primera etapa de la evolución tecnológica que caracteriza el desarrollo actual de la nanotecnología, cuando la incertidumbre en cuanto al alcance y los efectos de la tecnología es considerable, existe una gran necesidad de legitimar la nueva tecnología y crear una reputación positiva. Por eso parece que la nanotecnología ha nacido no solo muy ligada a los riesgos, sino también con grandes preocupaciones morales. Las enormes expectativas iniciales sobre la consecución de varios beneficios sociales parecen convertirse en tendencias económicas. Eso puede provocar que una gran parte de la nanotecnología sea ecológica. Sin embargo, hay que seguir contrastando esta hipótesis.

En general, el caso ilustra que las condiciones competitivas para la eco-innovación han sufrido un cambio considerable en un breve período de tiempo desde el final de la década pasada.

La naturaleza del cambio económico

La naturaleza del cambio ecológico de la economía ha tenido últimamente un efecto bastante transformador en el mercado de la construcción. Vemos empresas que asumen nuevas funciones y reconfiguran sus capacidades en busca de nuevas oportunidades de beneficios ecológicos. La ola ecológica parece que está ejerciendo una influencia importante en las estrategias empresariales, normas de búsqueda y capacidades.

El proceso de evolución de la economía ecológica parece estar muy afectado por la historia. Las estrategias, prácticas y capacidades no ecológicas que han durado de 30 a 40 años parecen haberse interrumpido, lo que podría significar que la eco-innovación pueda acelerarse en los años próximos probablemente. Por eso el caso indica que se produjo un cambio revolucionario a finales de la década pasada en el que el crecimiento ecológico experimentó un avance en el mercado de un alcance considerable. Está por ver la durabilidad de este avance en el mercado, pero parece ser que se están produciendo cambios estructurales duraderos, con la acumulación de nuevas estrategias, normas de búsqueda y capacidades más ecológicas y la destrucción creativa de aquellas capacidades no ecológicas.

Es importante recordar que el caso tiene lugar en una cadena que actualmente se encuentra muy afectada por el intenso programa sobre el cambio climático, debido al elevado nivel de consumo energético en el sector de la construcción. También es una cadena en la que los principales actores, (desarrolladores de tecnología, integradores y distribuidores), tienen el potencial de contribuir positivamente a

las soluciones ecológicas. Otros sectores y cadenas se ven afectados de forma distinta, y no sufren tanta presión sobre su comportamiento eco-innovador, o tienen que afrontar una reputación medioambiental peor (p. ej. las industrias muy contaminantes o las industrias con una gran cantidad de escándalos medioambientales).

En la actualidad la nanotecnología no tiene el mismo poder transformador en la economía, a pesar de las enormes inversiones globales en este ámbito, aún se encuentra en una etapa demasiado temprana de la evolución económica. No obstante, parece que el proceso de comercialización está entrando en una fase más formal.

En el campo tecnológico observamos una tendencia creciente hacia eco-innovaciones sistémicas y más radicales en cuanto a sofisticación tecnológica, en forma de innovación radical de materiales, aumento de materiales compuestos. Aunque no son nanotecnologías se ubican en el ámbito de la alta tecnología; pero sobre todo hay un interés mayor por parte de las empresas de ventanas más innovadoras por conseguir innovaciones ecológicas sistémicas para viviendas. Parece ser que las futuras casas ecológicas serán cada vez más inteligentes, y permitirán un uso flexible de la energía y los recursos. Las innovaciones de alta tecnología probablemente tendrán más importancia, lo que también crea nuevas oportunidades para la nanotecnología en la construcción ecológica. En la actualidad hay pocos signos de eco-innovaciones sistémicas basadas en la nanotecnología que necesiten innovaciones complementarias. Por el contrario, las tecnologías de nanorevestimientos, que posiblemente son los elementos

más conocidos de la nanotecnología, a menudo son interesantes para el negocio porque pueden solucionar problemas sin interferir en los productos existentes y los procesos de producción.

Una posible excepción son los sistemas de iluminación con LED basados en nanotecnología, que se encuentran en el proceso de sustituir los sistemas de luz incandescente, sobre todo debido a su mayor eficiencia energética, una innovación con efectos muy sistémicos y rupturistas. Las nuevas oportunidades para integrar LED con eficiencia energética en los materiales de construcción pueden llegar a influir en el uso de ventanas en el futuro, igual que con el uso de materiales de construcción transparentes basados en nanotecnología⁷. Estos aspectos suponen un reto estratégico para la industria del vidrio y de las ventanas, que al parecer los actores más innovadores están teniendo en cuenta.

El presente análisis ha ilustrado la necesidad de aplicar una perspectiva de capacidades evolutivas al análisis de la eco-

logización de la industria, con el fin de comprender mejor las condiciones competitivas para la eco-innovación en distintos contextos económicos. Éstos han ido cambiando significativamente a lo largo del tiempo, en los últimos tiempos de forma bastante radical.

Pese a que algunas particularidades están relacionadas con la evolución tanto del mercado ecológico como del de la nanotecnología, en las que no podemos entrar con detalles en este artículo, existen también similitudes interesantes, como la naturaleza orientada a misiones de la innovación, la capacidad de penetración, la flexibilidad en el uso de los términos ecológico y nano respectivamente en el mercado, etc., cuestiones que requieren un análisis más profundo.

Necesitamos más estudios sobre el desarrollo de nanotecnología ecológica para saber más de su alcance y dinámica. El presente análisis de la cadena de ventanas debería ser complementado con otros análisis de las dinámicas industriales ecológicas de otras cadenas de valor y en otras regiones.

⁷ Una empresa danesa ya ha inventado una «ventana» basada en falsos LED.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITKEN, R.J., CHAUDHRY, M.Q., BOXALL, A.B.A., HULL, M. (2006): «Manufacture and use of nanomaterials: current status in the UK and global trends». *Occupational Medicine* 56:300-306
- ANDERSEN, M.M. (1999): *Trajectory Change through Interorganisational Learning. On the Economic Organisation of the Greening of Industry*, Copenhagen Business School, PhD. Series, Copenhagen.
- (2002): «Organising Interfirm Learning—as the Market Begins to Turn Green», en De Bruijn, T.J.N.M. y A. Tukker (eds.), *Partnership and Leadership-Building Alliances for a Sustainable Future*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp.103-119.
- (2004): «An Innovation System approach to Eco-innovation—Aligning policy rationales». Ponencia presentada en *The Greening of Policies—Interlinkages and Policy Integration Conference*, 3-4 diciembre de 2004, Berlín, Alemania.
- (2007): *Eco-Innovation Indicators*, European Environment Agency Electronic Report, EEA, Copenhagen.
- (2008a): «Review: System transition processes for realising Sustainable Consumption and Production», capítulo en A. Tucker (eds.), *Greenleaf Publishing*.
- (2008b): «Eco-innovation—towards a taxonomy and a theory». Ponencia para el Congreso DRUID, Copenhagen, junio de 2008.
- (2008c): «Embryonic innovation—path creation in nanotechnology», ponencia presentada en el congreso DRUID de Copenhagen, 18-20 de junio de 2008 , www2.druid.dk/conferences/viewpaper.php?id=703&cf=8.
- (2009): «Combating Climate Change through Eco-Innovation—Towards the Green Innovation System», en *Innovative Economic Policies for Climate Change*, The Economics Web Institute, Roma, 2009, Lule.
- (2010a): «On the phases and Faces of Eco-innovation: —on the Dynamics of the Greening of the Economy», ponencia para el Congreso DRUID, 16-18 de junio de 2010, Imperial College, Londres.
- (2010b): «Eco-innovation Dynamics—Creative Destruction and Creative Accumulation in Green Economic Evolution», ponencia para el Congreso Schumpeter 2010, Aalborg, 21-24 de junio.
- y T. FOXON (2009): «The Greening of Innovation Systems for Eco-innovation—Towards an Evolutionary Climate Mitigation Policy», ponencia para el Congreso DRUID, Copenhagen, junio de 2009.
- y RASMUSSEN, B., (2006): *Environmental opportunities and risks from nanotechnology*. Risoe-R-1550-EN Risø National Laboratory, Roskilde, <http://www.risoe.dk/rispubl/reports/ris-r-1550.pdf>.
- y MOLIN, M., (2007): *NanoByg: A survey of nanoinnovation in Danish construction*. Risoe-R-1234(EN) Risø National laboratory, Roskilde. <http://www.risoe.dk/rispubl/reports/ris-r-1602.pdf>. Acceso el 15 de diciembre de 2008
- ARNALL, A.H., (2003): *Future Technologies, Today's Choices: Nanotechnology, Artificial Intelligence and Robotics—A technical, political and institutional map of emerging technologies*. Greenpeace Environmental Trust, Londres. <http://www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/5886.pdf>.
- BARROSO, M (2007): «Europe's energy policy and the third industrial revolution», speech by President of the European Commission, 1 october 2007.
- BARTOS, P.J.M., HUGHES, J.J., TRTIK, P. y ZHU, W. (eds.), (2004): *Nanotechnology in Construction XVI*. Springer.
- BMBF, (2004): *Nanotechnology Conquers Markets: German Innovation Initiative for Nanotechnology*. Federal Ministry of Education and Research (BMBF). http://www.bmbf.de/pub/nanotechnology_conquers_markets.pdf. Acceso el 15 de diciembre de 2008
- BRESNAHAN, T.F. y TRAJTENBERG, M., (1995): «General Purpose Technologies Engines of Growth?», *Journal of econometrics*, 65, 83-108.
- CRISP/SPRU (2003): *The Emperor's New Coating: New Dimensions for the Built Environment: the nanotechnology revolution*. CRISP, Londres. www.crisp-uk.org.uk/REPORTS/NanoReport-Final270103.pdf.
- DELEMARLE, A., KAHANE, B., VILLARD, L., LARÉDO, P. (2009): «Production in nanotechnologies: a flat world with many hills and mountains», *Nanotechnology Law and Business*, primavera 2009, 103-122.
- EC (2004): *Towards a European Strategy for Nanotechnology*. European Commission. <http://cordis.europa.eu/nanotechnology/actionplan.htm>. Acceso el 15 de diciembre de 2008.

- EC SANCO (2004): «Nanotechnologies: A Preliminary Risks Analysis», informe basado en un seminario organizado en Bruselas el 1 y 2 de marzo por el Directorado General para la Protección de la Salud y el Consumidor de la Comisión Europea (SANCO), Unión Europea, Bruselas.
- FELENBERG, R. y HOFFSCHULZ, H. (2006): *Nanotechnologie und Bauwesen (Nanotecture)*. VDI Technologiezentrum, Düsseldorf.
- FRRIENDS OF THE EARTH GERMANY-BUND, (2007): *For the Responsible Management of Nanotechnology*. http://www.bund.net/lab/redot2/pdf/bundposition_nano_03_07.pdf. Acceso el 15 de diciembre de 2008.
- GANN, D. (2003): *A Review of Nanotechnology and its Potential Applications for Construction*.
- GEIKER, M.R. y ANDERSEN, M.M., (2009): «Nanotechnologies for sustainable construction». En: Khatib J. (ed.): *Sustainability of Construction Materials*. Woodhead Publishing Ltd., Reino Unido.
- ELVIN (2007): *Nanotechnology for Green Buildings*, Green Technology Forum, Indianapolis (www.greentechforum.net).
- HULLMANN, A. (2006): «The economic development of nanotechnology—An indicator based analysis.» [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanoarticle_hullmann_nov2006.pdf](http://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanoarticle_hullmann_nov2006.pdf). Acceso el 15 de diciembre de 2008.
- LANGLOIS, R.N. (1992): «Transaction Cost Economics in Real Time», *Industrial and Corporate Change*, 1, pp. 99-127.
- (2002): «Chandler in a Larger Frame; Markets, Transaction Costs, and Organizational Form in History», *Enterprise and Society*, 5/3, pp.355-375.
- (2003): «The Vanishing Hand», *Industrial and Corporate Change*, 12, pp. 351-385.
- y ROBERTSON, P.L. (1995): *Firms, Markets and Economic Change, A Dynamic Theory of Business Institutions*, Londres: Routledge.
- LAREDO, P., DELEMARLE, A. y KAHANE, B. (2010): «Dynamics of nanosciences and technologies: policy implications», ponencia presentada en el *Transatlantic Workshop on Nanotechnology Innovation and Policy*, 24-26 de marzo, Atlanta, Georgia, EE.UU.
- LIEBERMAN, M.B. y D.B. MONTGOMERY (1988): «First-mover advantages.» *Strategic Management Journal*, vol. 9, pp. 41-58, 1988.
- (1998): «First-mover (dis)advantages: Retrospective and link with the resource-based view.» *Strategic Management Journal*, vol. 19, pp. 1111-1125.
- LUNDVALL, B.Å. (1992): *National Innovation Systems: towards a theory of innovation and interactive learning*. Londres, Pinter.
- LUTHER, W. y ZWECK, A., (2006): *Anwendungen der Nanotechnologie in Architektur und Bauwesen*. VDI Technologiezentrum, Düsseldorf.
- LUX RESEARCH (2007): *The Nanotech Report 2006: Investment Overview and Market Research for Nanotechnology*, Nueva York, NY.
- MOWERY, D.: «Nanotechnology and the U.S. national innovation system: Continuity and Change». Ponencia presentada en el *Transatlantic Workshop on Nanotechnology Innovation and Policy*, 24-26 de marzo, Atlanta, Georgia, EE.UU.
- MALINOWSKI, N., LUTHER, W., BACHMANN, G., HOFFKNECHT, A., HOLTMANNSPÖTTER, D. y ZWECK, A. (2006): «Nanotechnologie als wirtschaftlicher WACHSTUMSMARKT: INNOVATIONS-UND TECHNIKANALYSE», VDI TECHNOLOGIEZENTRUM, DÜSSELDORF.
- MANGEMATIN, V. y RIEU, C. (2009): *The determinants of science-based clusters growth: the case of nanotechnology*, GEM, mimeo.
- MILLIBAND, D. (2007): «Time for a green industrial revolution», speech by UK Environment Secretary, University of Cambridge, 5 March 2007.
- NANOFORUM (2003): «Nanotechnologies help solve the world's energy problems». Nanoforum. www.nanoforum.org. Acceso el 15 de diciembre de 2008.
- (2004): «Benefits, risks, ethical, legal and social aspects of nanotechnology.» www.nanoforum.org. Acceso el 15 de diciembre de 2008.
- NELSON, R.R. (ed.), (1993): *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford: Oxford University Press.
- NELSON, R.R., WINTER, S.G. (1982): *An evolutionary theory of economic change*, MA: Harvard University Press.
- NSET (2009): «The National Nanotechnology Initiative: Research and Development Leading to a Revolution in Technology and Industry», Anexo al presupuesto presidencia de 2010, Washington, DC: Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering and Technology, Committee on Technology, National Science and Technology Council, Executive Office of the President. http://www.nano.gov/NNI_2010_budget_supplement.pdf.

- ROTHAERMEL, F.T., THURSBY, M., (2007): «The nanotech versus the biotech revolution: Sources of productivity in incumbent firm research», *Research Policy*, 36, 6, 832-849.
- SCHMIDT, K.F. (2007): *Green Nanotechnology*. Woodrow Wilson International Center for Scholars-Project on Emerging Nanotechnologies. http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/2701/187_greennano_pen8.pdf.
- SHAPIRA, P. y YOUTIE, J. (2008): «Emergence of nanodistricts in the United States, path dependency or new opportunities», *Economic Development Quarterly*, 22, 3, 187-199.
- SHAPIRA, P., YOUTIE, J. y KAY, L. (2010): «National Innovation System Dynamics and the Globalization of Nanotechnology Innovation», ponencia presentada en el *Transatlantic Workshop on Nanotechnology Innovation and Policy*, 24-26 de marzo, Atlanta, Georgia, EE.UU.
- TEECE, D.J. (1986): «Profiting from Technological Innovation: Implications for Integration, collaboration, Licensing and Public Policy», *Research Policy*, (15): 285-305. Youtie, J., Iacopetta, M., Graham, S. (2007): «Assessing the nature of nanotechnology: Can we uncover an emerging general purpose technology?». *Journal of Technology Transfer*, 32, 6, 123-130.
- ZHU, W., BARTOS, P. y PORRO, A. (2004): «Application of nanotechnology in construction: Summary of a State-of-the-art Report.» *Materials and Structures* 37:649-658.

Innovaciones de sistema y gestión de la transición en Austria: el caso de los compuestos de madera y plástico y los biopolímeros

Austria se encuentra entre los países punteros en Europa en el campo de innovación del uso de recursos renovables para suministro de energía. Asimismo, durante los últimos años, Austria ha intentado utilizar los recursos renovables de forma más extensa en la fabricación de productos, pero su adopción sigue siendo limitada. En este artículo se presenta y se pone a prueba el análisis denominado «Transition Field» mediante el estudio del sistema de producción de compuestos madera y plástico y biopolímeros en Austria. La intención es explicar cómo puede ser interpretado el «Transition Field», qué impacto tuvo y cómo influyó en la gobernanza para la elaboración de la estrategia de las políticas de Investigación, Tecnología e Innovación en Austria.

Austria puntako herrialdeetako bat da Europan, energia hornitzeko baliabide berriztagarriak erabiltzeko berrikuntzaren eremuan. Halaber, azken urteetan, produktuen fabrikazioan baliabide berriztagarriak modu zabalagoan erabiltzen saiatu da Austria, baina mugatuta dago oraindik. Artikulu honetan «Transition Field» izeneko analisia aurkeztu eta probatu da, egur, plastiko eta biopolímeroen konposatuak ekoizteko Austriako sistema aztertuz. Helburua da «Transition Field» izenekoa nola interpreta daitekeen, zein eragin izan eta Austrian Ikerketa, Teknologia eta Berrikuntza politiken estrategia egiteko gobernantzan izan zuen eragina azaltzea.

Austria is at the forefront of Europe in terms of innovation in the use of renewable resources for energy supplies. In recent years Austria has also sought to use renewables resources as widely as possible in product manufacturing, though for the moment their adoption is still limited. This paper presents transition field analysis and puts it to the test through a study of the production system for wood and plastic composites and biopolymers in Austria. The intention is to explain how transition field analysis can be interpreted, what impact it has had and how it has influenced governance in the drawing up of a strategy for innovation and technological research policies in Austria.

ÍNDICE

1. Introducción
 2. Gestión de la transición a sistemas de producción sostenibles
 3. El análisis del ‘transition field’ como método para investigar transiciones en la industria manufacturera
 4. El caso de los nuevos materiales en Austria: emergencia y futuro de los compuestos materiales de madera y plástico y los biopolímeros
 5. El impacto del análisis de ‘transition field’
 6. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: transición, sistemas de producción, escenarios.

Keywords: transition, production systems, scenarios.

N.º de Clasificación JEL: O33, O38, Q55.

1. INTRODUCCIÓN

Austria es uno de los países punteros en Europa en cuanto al uso de recursos renovables con fines económicos, algo que, en parte, se debe a las favorables condiciones de su medio natural. Resulta obvio este hecho tanto en el ámbito del suministro de energía (donde Austria cuenta con abundantes oportunidades en el ámbito de la energía hidráulica) así como en la explotación de recursos naturales (como es el caso de los bosques). Asimismo, no es de extrañar que Austria cuente con una fuerte base tecnológica en muchos de estos ámbitos. Se han llevado a cabo iniciativas importantes para fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías

relacionadas con los recursos renovables en el marco del Programa de financiación de la investigación pública «Nachhaltig Wirtschaften» el cual ha dedicado una importante inversión en áreas tales como el suministro de energía futuro, la vivienda y las tecnologías de producción de futuro.¹

El enfoque de estos programas tiene como objetivo provocar una profunda transformación de los sistemas implicados

¹ La traducción oficial del inglés «Technologies for Sustainable Development» [«Tecnologías para el Desarrollo Sostenible»] no refleja con exactitud el significado del título en alemán del programa de financiación. Para más detalles véanse las distintas líneas del programa en www.nachhaltigwirtschaften.at.

(es decir, un «cambio de régimen» en el suministro de energía, en la vivienda y en la producción, véase BMVIT, 2004), haciendo avanzar la investigación y el desarrollo tecnológico hasta un punto en que los principales proyectos piloto y demostrativos pueden servir de «guías», probando la viabilidad técnica y económica de esas nuevas tecnologías. El éxito alcanzado por estos proyectos servirán para convencer no sólo a su potenciales usuarios sino que, además, estimulará la introducción de un marco regulatorio así como otras condiciones de contexto que favorezcan la aceleración de su proceso de difusión. Esta perspectiva *bottom up* aplicada al desarrollo de nuevas tecnologías, que parte de la investigación básica hasta llegar al desarrollo de proyectos piloto o «guías» tecnológicas (Sahal, 1985), es compatible con la teoría de la gestión estratégica de nichos (Kemp, Schot y Hoogma, 1998; Weber *et al.*, 1999; Hoogma, 2002) desarrollada durante la segunda mitad de los años noventa.

No obstante, pese a estos importantes esfuerzos en Austria, el potencial de uso de recursos renovables dista mucho de estar completamente explotado. Por ello se plantea la cuestión de si el enfoque *bottom-up*, liderado por la tecnología, es en realidad suficiente para lograr una mayor aceptación y avanzar, así, hacia un cambio de régimen tecnológico. Pese a que durante la última década la investigación ha demostrado en varias ocasiones que un proceso puramente *bottom-up* puede tener éxito si la tecnología en cuestión desarrolla el impulso suficiente para transformar o derrocar el régimen de producción dominante, es poco probable que suceda si las grandes barreras estructurales y las dependencias locales inhiben la aceptación de tecnologías alternativas. Un enfoque *bottom-up*,

experimental y basado en el aprendizaje es una estrategia prometedora para las tecnologías que se encuentran en las fases iniciales de desarrollo y no encuentran (aún) mucha resistencia. Sin embargo, para obtener una visión comprehensiva hay que tener en cuenta las fases de desarrollo y difusión posteriores, así como las condiciones reguladoras (p.ej. normativa medioambiental) y los instrumentos políticos (p.ej. medidas de actuación sobre la demanda, adquisición pública, etc.) que influyen en estas últimas fases. Además hay que tener en cuenta la importancia de las visiones y orientaciones que sirven de guía para coordinar las actividades de investigación e innovación.

Estas ideas se han incorporado a la perspectiva de la gestión de la transición (Rothmans, Kemp y van Asselt, 2001), basada en la gestión estratégica de nichos pero poniendo un mayor énfasis en el ajuste simultáneo del marco socio-económico e institucional que estabiliza y da forma al proceso de pasar de nichos tecnológicos a una aplicación más extensa. Todo ello busca lograr un proceso de transición fluido a largo plazo. En la bibliografía sobre este tema, este tipo de marco queda absorbido en el concepto de «régimen tecnológico»².

Con este trasfondo, el artículo pretende estudiar la cuestión de cómo fomentar la innovación y difusión de las tecnologías basadas en recursos renovables, y cómo provocar un cambio en nuestro régimen de producción. En otras palabras, intenta aportar ideas sobre cómo estimular una

² En Kemp, Schot y Hoogma (1998) se define el régimen tecnológico como «todo el complejo de conocimiento científico, prácticas de ingeniería, tecnologías de procesos de producción, características de producto, habilidades y procedimientos, necesidades del usuario establecidas, requisitos regulatorios, instituciones e infraestructuras».

transición de nuestros actuales sistemas de producción hacia uno basado en recursos renovables. Este tema se aborda tanto en términos conceptuales como empíricos, y se traduce en dos cuestiones de investigación. En primer lugar, el marco de gestión de la transición predominante fue desarrollado en el contexto holandés, principalmente para sistemas de infraestructuras como la gestión del agua, el suministro de energía y el transporte. Queremos investigar y evaluar si este marco es útil como guía para el desarrollo de políticas que estimulen, en el contexto austriaco, una transición a una industria manufacturera basada en recursos renovables, y proponer un marco adaptado que tenga en cuenta sobre todo las particularidades de las industrias manufactureras y sus correspondientes cadenas de valor.

El segundo tema de investigación trata el impacto de la perspectiva de la Gestión de la Transición en la formulación de políticas en Austria, y en un sentido más amplio, en la introducción de nuevas tecnologías de producción sostenible. En otras palabras, queremos saber si el marco de gestión de la transición adaptado ha contribuido en realidad a un cambio de régimen en Austria, tanto en términos de formulación de políticas como en cuanto a la introducción de tecnologías de producción basadas en recursos renovables.

El caso empírico al que recurrimos con este propósito es el de los compuestos de madera y plástico (CMP) y los biopolímeros en Austria (Weber *et al.*, 2005). Aunque el desarrollo e introducción de esta tecnología recibe apoyo en Austria desde la década de 1990, las perspectivas a largo plazo siguen siendo hoy en día poco claras. Los biopolímeros se consideran una alternativa avanzada y a largo plazo, complementarios a los CMP, estando estos últimos más con-

solidados. Ambas tecnologías han recibido el apoyo del programa de financiación austriaco de ITD «Factory of Tomorrow», y se consideran tecnologías de futuro prometedoras, basadas en ambos casos en recursos renovables.

En términos metodológicos, el estudio se basa en las experiencias derivadas de un proyecto que tenía como objetivo explorar los escenarios y políticas de transición futuros para los CMP/biopolímeros y biorefinerías basado en entrevistas y workshops participativos³. Asimismo, también se tiene en cuenta la influencia posterior de esta experiencia de gestión de la transición en la formulación de políticas y la difusión de las tecnologías en cuestión. Los escenarios de transición desarrollados se basan en experiencias anteriores con CMP y biopolímeros en Austria, y pretenden explorar en mayor profundidad las fases posteriores de difusión y cambio de régimen⁴. El impacto de esta iniciativa es evaluado en varios aspectos. Aparte de la influencia inmediata de los resultados del proyecto en el posterior diseño e implantación de políticas relacionadas con los CMP y los biopolímeros, se analiza el papel del pensamiento adaptativo y basado en escenarios, en relación al programa «Factory of Tomorrow» y tras prácticas de gober-

³ El artículo recurre a la labor de investigación realizada en el contexto del proyecto «Transición a sistemas de producción sostenibles», con fondos del programa austriaco de financiación de ITI *Factory of Tomorrow*. En ese proyecto se llevaron a cabo análisis en dos *transition fields*, uno relacionado con las biorefinerías (dirigido por nuestros compañeros de proyecto en IFZ en Graz) y otro relacionado con los CMP y los biopolímeros (dirigidos por AIT). Las bases conceptuales fueron desarrolladas conjuntamente con Ines Oehme, Harald Rohracher y Philipp Späth del IFZ.

⁴ En esta investigación participaron más de ochenta expertos de la industria, el mundo académico y la política. En los talleres se formularon escenarios y estrategias para el desarrollo y uso de recursos renovables en la industria manufacturera.

nanza en Austria. Teniendo en cuenta que Austria es un país pequeño, que depende en gran medida de desarrollos internacionales, una aproximación adaptativa a la política y a la estrategia parece particularmente relevante (Eriksson y Weber 2008). Dado que este proyecto finalizó en 2005, estudiamos por último los impactos y desarrollos de los CMP y polímeros desde entonces.

El artículo tiene la siguiente estructura: en el próximo apartado se explica el marco adaptado de gestión de la transición para los sistemas de producción en la industria manufacturera. Le sucede una breve sección sobre el método del análisis de *transition field*, en concreto del desarrollo del escenario y el método de evaluación aplicado. En el apartado siguiente ofrecemos una descripción de los escenarios desarrollados y las opciones políticas sugeridas basadas en ellos. Más adelante se comentará el impacto que tuvo este proceso en las políticas, los procesos de formulación de políticas y en la introducción de CMP y biopolímeros. Por último, se extraerán algunas conclusiones sobre la utilidad del marco de gestión de la transición adaptado, así como del papel y el impacto de las políticas en la transición de los sistemas de producción hacia un régimen renovable.

2. GESTIÓN DE LA TRANSICIÓN A SISTEMAS DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLES

2.1. Del análisis de la transición a la gestión de la transición

Las expectativas relativas al papel de la innovación en la sociedad se han ido incrementando. Debido a los retos socioeconómicos y medioambientales a los que nos enfrentamos en la actualidad, los objetivos

tradicionales de crecimiento son cada vez más cuestionados. Si queremos que nuestras sociedades sobrevivan, necesitamos cambios radicales en nuestros modelos de producción y consumo que permitan un desarrollo sostenible. Por el contrario, las transiciones se contemplan como cambios fluidos y a largo plazo.

La historia tiene varios ejemplos de transiciones, como el paso de un sistema de suministro de energía basado en el carbón a uno basado en el gas, o de una economía industrial a una de servicios. Por lo general las transiciones han sido procesos a largo plazo, abarcando varias décadas⁵. Estos procesos han estado caracterizados por una coevolución del ámbito institucional, los mercados, las tecnologías, las culturas, los patrones de conducta, la formulación de políticas y la política. A menudo los nichos tecnológicos se encuentran en el origen de los cambios de régimen, y del llamado *landscape sociotécnico*.⁶ Las interacciones e interdependencias entre estos distintos dominios dan lugar a irreversibilidades que estabilizan y refuerzan la vía de transición.

El concepto de gestión de la transición surgió de los debates generados acerca de realizar cambios importantes en el sistema de infraestructuras en Holanda. Posteriormente este concepto ha servido como marco para la formulación de estrategias y políticas de innovación, con el objetivo último de transitar hacia un desarrollo sostenible a largo plazo.⁷ De esta forma, la capaci-

⁵ Así, los procesos de transición pueden ser interpretados como transformaciones comparativamente más suaves, en las que términos como ruptura, revolución o interrupción implican un proceso de transformación más bien rápido y brusco.

⁶ Para más ejemplos y un estudio amplio de un caso véase Geels (2002).

⁷ Véase, por ejemplo, Rotmans, Kemp y van Asselt (2001), y Kemp y Rotmans (2005).

dad de gestionar transiciones se considera clave para dar respuesta a los requisitos propios de las políticas de innovación y de su gobernanza. Se necesita una política de innovación para desarrollar capacidades que permitan que la sociedad aborde temas y desafíos a largo plazo como el cambio climático, la agricultura, la movilidad, la gestión del agua, la reforma de los sistemas de salud, etc., y para provocar los correspondientes cambios en los regímenes tecnológicos que determinan los procesos de innovación en dichos sistemas.

Desde el punto de vista de las políticas, el objetivo de desarrollar transiciones va asociado a dos preguntas: a) hasta qué punto pueden verse afectados los procesos globales de transformación y orientados a unos objetivos, y si se pueden encaminar en la dirección deseada (es decir, hacia el desarrollo sostenible), y b) qué papel puede y debe desempeñar el gobierno en este proceso.

Sin duda, la incertidumbre, la ambigüedad y la complejidad de los desarrollos futuros impiden todo intento de planificar el futuro de un modo lineal. Por consiguiente, la gestión de la transición implica la puesta en marcha consciente de estructuras y procesos colectivos que gobiernen transiciones a largo plazo, con orientación a unos objetivos concretos y de forma adaptativa. Es un proceso de aprendizaje con varios niveles y actores sociales, con el fin de integrar la inteligencia distribuida (Kuhlmann, 2001) de los actores implicados para mejorar la coordinación y coherencia de su comportamiento. En concreto, los procesos de experimentación y aprendizaje *bottom-up* se consideran elementos clave de la gestión de la transición para mantener la capacidad de adaptación de un sistema de innovación. Una percepción compartida del problema, así como una visión común de la

orientación y las estrategias globales, contribuyen a dirigir las decisiones de los distintos actores hacia unos objetivos comunes.

La política, y la política de innovación en particular, deben ofrecer el marco necesario que permita ese aprendizaje colectivo y de coordinación. Para ello es necesario, en primer lugar, estimular procesos de anticipación y formulación de perspectivas a largo plazo que puedan orientar y focalizar las acciones de los actores implicados. En segundo lugar, es necesario hacer un seguimiento continuo de las acciones políticas realizadas y ajustarlas a las visiones de futuro en constante evolución (véase más adelante en el gráfico n.º 2). Asimismo, pueden surgir conflictos de interés que hacen necesaria la intervención del gobierno para mediar entre las partes implicadas. Por último, dado el papel fundamental que desempeña la experimentación, las políticas de innovación pueden respaldar un proceso de transición apoyando experimentos sociotécnicos orientados a la consecución de objetivos sociales.

La principal dificultad de la gestión de la transición es garantizar por una parte el vínculo entre un aprendizaje abierto y colectivo y los procesos de innovación, y, por otra, los objetivos sociales implícitos en el concepto transición. Para que los objetivos abstractos, como el desarrollo sostenible, sean operativos en el contexto de un proceso de gestión de la transición, es útil diferenciar tres niveles de acción. En primer lugar, los escenarios de transición se definen basándose en ámbitos de problemas amplios que reflejan las necesidades funcionales básicas de la sociedad (p.ej. suministro de energía, suministro de agua, movilidad, etc.). En un escenario de transición, los actores gubernamentales, las instituciones del conocimiento, empresas, ONG y consumidores interactúan para de-

desarrollar las visiones y estrategias conjuntas globales necesarias para guiar un proceso de transición. Por debajo de este nivel estratégico, las redes de innovación, compuestas por representantes de las mismas áreas, formulan programas de transición específicos, definen proyectos clave y experimentos, y movilizan, organizan y expanden redes formadas por varios actores. En los campos de prueba, se diseñan e implementan proyectos y experimentos concretos, y se hace un seguimiento de ellos, para poner en práctica los programas de transición y revertir las conclusiones a los demás niveles de gestión de la transición, como *inputs* del proceso de aprendizaje colectivo. En la siguiente sección estudiaremos cómo pueden interpretarse estos tres niveles en el contexto de las transiciones en la industria manufacturera.

2.2. **Adaptar la gestión de la transición a los sistemas de producción en la industria manufacturera**

De momento sigue abierta la cuestión de hasta qué punto se puede trasladar y adaptar la gestión de la transición, desarrollada sobre todo en el contexto de la política holandesa de infraestructuras, a otros contextos, ya sean nacionales o sectoriales.⁸ Como mínimo es discutible si las llamadas «buenas prácticas» de aprendizaje en políticas de innovación y tecnología pueden ser

transferidas y adaptadas de un modo razonable de un país a otro. En la actualidad se considera que los escenarios culturales e institucionales son factores clave que determinan cómo tiene lugar en realidad el aprendizaje de políticas y la coherencia con que se puede desarrollar e implementar una política de innovación.

Sin embargo, una de las aspiraciones del presente artículo es adaptar el enfoque tradicional de gestión de la transición, de manera que sea útil en el contexto de la industria manufacturera, en el que prevalecen patrones específicos de producción, siendo estos sistemas sustancialmente distintos de los de las infraestructuras. Uno de los retos cruciales de aplicar el enfoque de la gestión de la transición en este contexto es la identificación de niveles intermedios de análisis (y de políticas!) apropiados, que unan los *transition fields* de carácter amplio con tecnologías específicas. Para dicho nivel intermedio aún es necesario desarrollar bloques de creación conceptual útiles en el debate de la gestión de la transición.

Para desglosar la idea de la gestión de la transición en dominios más específicos que el «sistema de producción» como tal⁹, es necesario especificar con más detalle los ámbitos que abordarán las políticas de transición (p.ej. mediante regulaciones o programas de investigación). Partimos de la observación de que la producción debe cubrir ciertas «necesidades» y «deseos», y la satisfacción de éstos queda garantizada

⁸ Entretanto, el concepto de gestión de la transición en un sentido estricto ha sido aplicado a varios países, aunque principalmente relacionado con los sistemas de infraestructuras. Para obtener una visión general de las experiencias recientes, véase la KSI Conference 2009 (<http://www.ksinetwork.nl/conference2009/>). Algunas de sus ideas básicas también han sido asumidas en el contexto de estudios de desarrollo y políticas de desarrollo industrial, por ejemplo con vistas a reorientar las políticas de desarrollo hacia un desarrollo sostenible (Berkhout, Angel y Wieczorek. 2009)

⁹ Según la bibliografía reciente, en realidad sería más exacto hablar de «sistemas de producción y consumo», porque cada vez está más reconocido que los usuarios —tanto usuarios intermedios como finales— desempeñan una función importante en la innovación, y aún más en el cambio de régimen tecnológico. Los cambios de régimen suelen requerir cambios significativos tanto en el plano de la oferta como en el de usuario de tecnología (Tukker *et al.*, 2008).

por los sistemas de producción. Por lo tanto, aquí se utiliza el término sistema de producción en la industria manufacturera en el sentido de un sistema sociotécnico que abarca desde la provisión de materia prima (incluido el reciclaje) hasta conceptos de servicios y productos para el uso y consumo final.¹⁰ A medida que uno desciende por esta cadena de producción, las prácticas sociales y las rutinas de los usuarios cobran mayor importancia al determinar el régimen tecnológico. En fases posteriores, las prácticas de diseño técnico son un componente social importante, mientras que las consideraciones técnicas juegan un papel importante en toda la cadena.

Al estudiar sistemas de producción de una forma más diferenciada, podemos empezar por la delimitación de tres niveles de análisis:

1. **Ámbitos de necesidades.** Las necesidades y deseos últimos de los usuarios finales o consumidores se pueden satisfacer de distintas maneras. Al concentrarse en satisfacer estas necesidades y deseos finales, se puede superar la orientación convencional al producto y pensar en formas alternativas de satisfacer necesidades ofreciendo los servicios y/o productos necesarios. Por ejemplo, la necesidad final de «movilidad» no sólo se puede satisfacer con la propiedad individual de un coche, ésta también se puede solventar con nuevos servicios como los coches compartidos, servicios de movilidad puerta a puerta, etc. A menudo estos conceptos alternativos están insertos en visiones o *Leitbilder* más

amplios que captan a la vez estos nuevos servicios y los cambios necesarios en el área de las prácticas sociales, regulatorias u organizativas. «Movilidad sostenible», «casa sostenible», «fábrica del futuro» o «química ecológica» son ejemplos de ello. Sin embargo, aunque son expresados en términos de objetivos concretos de rendimiento, a menudo estas visiones permanecen en un nivel bastante abstracto. En general, el concepto del ámbito de las necesidades también se puede aplicar a otros niveles de un sistema de producción, es decir también los usuarios intermedios (no sólo usuarios finales o consumidores) pueden definir un ámbito de necesidades a abordar por un programa de investigación.

2. **Transition fields.** Éstos son más específicos que los ámbitos de necesidades descritos en el punto anterior, los *transition fields* representan las áreas en las que se desarrollan soluciones sistémicas para satisfacer necesidades. Este tipo de *transition field* está formado por tecnologías, actores y sus objetivos, y se pueden interpretar como escenarios en los que evolucionan soluciones sistémicas para garantizar la provisión de determinadas funcionalidades. En otras palabras, es en el nivel de los *transition fields* donde se unen y se integran las tecnologías específicas con las prácticas sociales y organizativas, con el fin de encontrar una solución alternativa para ofrecer una funcionalidad necesaria. Así, los *transition fields* son un nivel intermedio en el que tiene lugar la integración de proyectos de tecnología individuales en la provisión de productos y servicios orientados a

¹⁰ Véase por ejemplo el proyecto de financiación europea SusHouse, en el que se han analizado y estudiado las necesidades finales en el hogar en el contexto de distintos escenarios (Vergragt, 2000; Green y Vergragt, 2002).

necesidades, que a su vez está guida por una orientación a la sostenibilidad a largo plazo.¹¹ Por ejemplo, en el caso de la movilidad sostenible, la introducción de un servicio de movilidad intermodal e integrado es un ejemplo de *transition field*. La información de viajes en tiempo real podría ser otro ejemplo, así como las reservas *on line* o con el móvil. Un ejemplo de un *transition field* intermedio podría ser los servicios de mantenimiento de vehículos.

3. Proyectos de tecnología individuales. La realidad de las actividades de investigación demuestra que los proyectos individuales a menudo se centran en tecnologías específicas, sin prestar especial atención a las necesidades finales o el contexto social. En otras palabras, suelen realizarse de un modo más bien aislado. Desde la perspectiva de la transición, lo que se necesita, en cambio, son proyectos o experimentos de tecnología que tengan en cuenta la visión del usuario y que estén integrados en el plano de los *transition fields*. Es decir, estas soluciones técnicas específicas deben ser contextualizadas en el plano de los *transition fields* para permitir una mayor difusión. En principio, una tecnología individual puede ser aplicada en distintos *transition fields* para cubrir diferentes fun-

cionalidades, y por lo tanto una funcionalidad se puede lograr utilizando distintas tecnologías individuales. Por ejemplo, se puede ofrecer información de viaje en tiempo real en el teléfono móvil utilizando GSM, pero también se puede transmitir mediante terminales locales de información o servicios telefónicos. Se pueden lograr servicios intermodales integrados con una venta de billetes integrada y estandarizada (como en las grandes asociaciones de sistemas de transporte metropolitano), o mediante un servicio de ofertas electrónicas en el que los precios varíen según la demanda, etc. De esta forma, nos interesan especialmente las tecnologías nuevas e innovadoras con el potencial de contribuir a una transición al desarrollo sostenible.

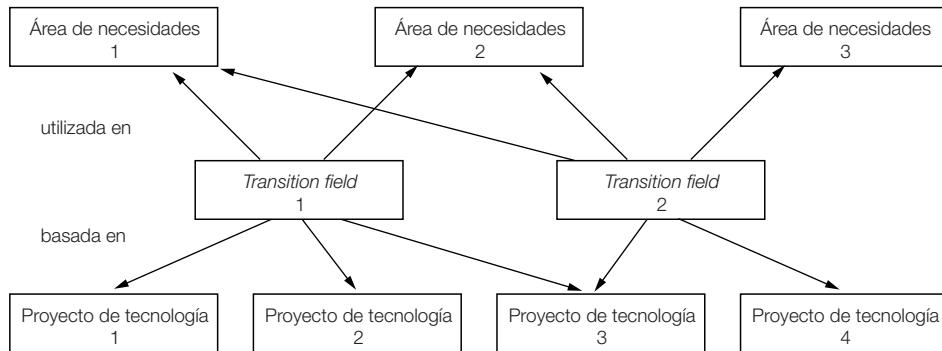
Estos tres niveles de análisis se construyen uno sobre el otro, de modo que reflejan la idea de una cadena de suministro desde la extracción del recurso hasta el consumo final. Sin embargo, estas cadenas no deberían verse de forma aislada. Determinadas funcionalidades pueden resultar útiles para cubrir distintas necesidades, igual que algunas tecnologías tienen el potencial de ser aplicadas para cumplir distintas funcionalidades (gráfico n.º 1).

2.3. **La importancia de los ‘transition fields’ como objetivo de las políticas de transición**

Desde nuestro punto de vista, el nivel más interesante de estudiar es sin duda el de análisis de los *transition fields*. Permite, por una parte, relacionar las áreas de necesidades con los escenarios de futuro

¹¹ En principio, los *transition fields* se pueden dividir en categorías de distintas formas. En el caso de la industria manufacturera, puede ser útil diferenciar sectores si es acorde con el sistema de producción-consumo objeto de estudio. «La imprenta» es un ejemplo de funcionalidad que puede ser representada por ramas específicas de la industria, mientras que «los tintes» está repartida en varias ramas industriales y escenarios políticos. Una alternativa es utilizar la base de recursos (p.ej. el uso de biomasa) para delimitar un *transition field*.

Gráfico n.º 1
Tres niveles de análisis



Fuente: Elaboración propia.

para determinados campos de producción, y por otra, los proyectos concretos de tecnología. Esta función de puente entre las necesidades y las tecnologías individuales hace que los *transition fields* sean un concepto clave para definir y seleccionar los *transition fields* intermedios como núcleo de un *mix* de políticas (p.ej. incluyendo programas de investigación, regulaciones, iniciativas de adquisición, etc.) dirigido a transiciones orientadas a la sostenibilidad.

Existen imágenes abstractas de futuro en muchos dominios, así como proyectos y tecnologías individuales relacionadas de algún modo con estas visiones. Sin embargo, lo que suele faltar es una aplicación operativa útil de esas imágenes abstractas en un nivel de análisis intermedio, es decir, una descripción lo bastante concreta y fácil de asociar a las tecnologías individuales, que a su vez sea general y compatible con visiones más abstractas del futuro que se definen en el plano relativo a las áreas de necesidades.

Además, debería definirse un *transition field* como un subcampo de un sistema de producción lo bastante coherente y limitado en su alcance para permitir especificar un proceso de transición bien definido. Para reducir la complejidad del desarrollo del escenario y del proceso político, es útil que un *transition field* no esté formado por demasiadas circunscripciones de actores y que vaya asociado a un conjunto limitado de áreas de necesidades y campos tecnológicos. Un cierto grado de homogeneidad en estas áreas puede ser un importante argumento para la selección de funcionalidades cuando definimos un *transition field*.

3. EL ANÁLISIS DE 'TRANSITION FIELD' COMO MÉTODO PARA INVESTIGAR LAS TRANSICIONES EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA

El marco presentado previamente sirve de base para determinar un método que contribuye a iniciar un proceso de transición en

sistemas de producción caracterizados por un alto grado de heterogeneidad, como es la fabricación de bienes manufacturados. La intención es crear un contexto para que los actores relevantes comprendan mejor el sistema y sus interdependencias, y así reflejar su papel dentro del contexto sistémico en un esfuerzo conjunto. Al intentar anticipar los efectos sistémicos de las estrategias individuales en forma de escenarios, el proceso conducirá a una mayor coherencia de las acciones individuales y sentará las bases para el establecimiento de estrategias cooperativas y apoyo político. La diferencia en comparación con los enfoques convencionales de gestión de la transición reside en la delimitación de los *transition fields*, y por lo tanto en la variedad de actores que contribuyen al proceso.¹² El análisis de *transition fields*, como se llamará posteriormente nuestro enfoque, es especialmente adecuado para áreas como la fabricación de productos, que —a diferencia de los sistemas de infraestructuras— se caracterizan por un alto grado de diversificación y heterogeneidad de los productos y servicios finales ofrecidos.

En principio, la perspectiva de la gestión de la transición se presta a un enfoque normativo de creación de escenarios, en el que se desarrolla un solo escenario o visión deseable del futuro (de ahí que sea un escenario normativo). Por consiguiente, se aplica un método retrospectivo para identificar una vía de futuro prometedora en los niveles de áreas de necesidades, *transition fields* y tecnologías concretas. Dicho enfoque resulta útil para aclarar la orientación a unos objetivos y los estados futuros de-

seables. Sin embargo, la realización de una vía de desarrollo futura, incluso la más deseable, es circunstancial a muchos factores que salen de la influencia de, por ejemplo, un país pequeño como Austria y un *transition field* de definición más limitado como los CMP y los biopolímeros.

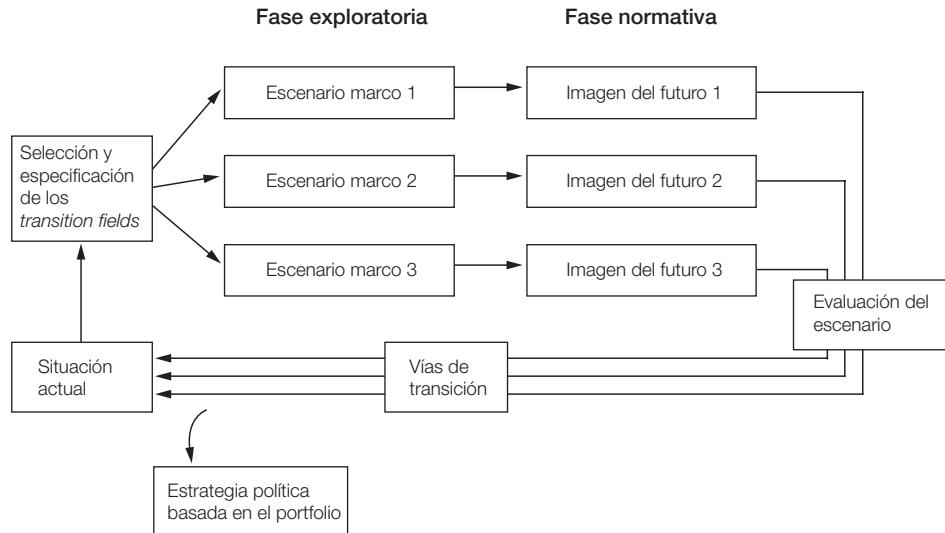
La alternativa de construir escenarios de investigación que tengan en cuenta varias condiciones y marcos posibles para futuros desarrollos, no sería adecuada para los objetivos establecidos, ya que no está suficientemente orientada a los objetivos de sostenibilidad. Lo que se necesita es un enfoque combinado que permita tener en cuenta tanto elementos de estudio *bottom-up* (por ejemplo opciones de nuevas tecnologías, fuerzas impulsoras externas), como otros de carácter normativo derivados de imágenes de futuro orientadas a la sostenibilidad. Esa combinación de elementos de investigación y normativos es la que se recomienda para los llamados *transition fields*. En el gráfico n.º 2 se ofrece una visión general del método desarrollado.

En la práctica, el método puede describirse en los siguientes cinco pasos:

1. Definición, especificación y selección de los *transition fields*. La fase inicial sirve para identificar y especificar el *transition field* que estará sujeto al proceso de desarrollo de escenarios. A continuación se estudia el *status quo* y los desarrollos actuales dentro de este ámbito investigando en la bibliografía e Internet, así como mediante una serie de entrevistas en profundidad con actores clave del *transition field*. Es imprescindible tener una idea clara del *transition field* y de cómo puede ser representado de forma sistemática en los tres niveles de análisis

¹² Según la complejidad de un *transition field*, y del tamaño de la comunidad afectada —que es más bien pequeña en el caso de los CMP y los biopolímeros en Austria— puede ser suficiente implicar a 30-50 actores en todo el proceso de análisis de *transition fields*.

Gráfico n.º 2
Método del análisis de *transition field*



Fuente: Elaboración propia.

- (área de necesidades, *transition field* y experimento tecnológico individual).
2. Desarrollo de escenarios. Pretende desarrollar primero un conjunto de distintos escenarios posibles, básicamente a modo de investigación, preguntándose qué es probable que ocurra en el futuro, en vez de qué quieren los actores que suceda. En la práctica, en un primer seminario se pide a los participantes que enumeren los factores importantes de influencia en el futuro de los CMP y los biopolímeros. A continuación se combinan estos factores de influencia, tanto externos como internos al *transition field*, para generar los llamados «guiones», es decir, cadenas

de impactos posibles y sus efectos. A continuación se agrupan estos guiones en grupos coherentes, de modo que se crean los fundamentos de tres «escenarios marco» distintos. Este método podría llamarse «inductivo» o de desarrollo de escenarios *bottom-up*, en oposición a la deducción descendente de escenarios a partir de una variación de dos o tres factores principales, es decir, del modo en que, por ejemplo, se desarrollaron los conocidos escenarios Shell sobre el futuro del suministro y consumo de energía (Van der Heijden, 2000).

3. Hacia imágenes del futuro. Se siguen elaborando y completando los tres escenarios marco tras el primer se-

minario¹³. Es importante garantizar que cada uno de los escenarios no sea fácilmente clasificable como «desirable» o «no deseable». No obstante, cada uno debería contar con sus aspectos positivos y negativos para ofrecer una imagen del futuro polifacética, plausible y al mismo tiempo desafiante. Los participantes del proceso pueden participar *on line* y *off line* en la posterior elaboración de los resultados. Al principio del segundo seminario tiene lugar un debate final y un proceso de concreción, que en última instancia produce distintas «ímagenes del futuro» del *transition field*.

4. Evaluación de la sostenibilidad. Por lo general los escenarios diferirán en cuanto a los objetivos de compatibilidad y sostenibilidad. Este hecho es intencionado y útil para el desarrollo de perspectivas políticas, ya que permite seguir debatiendo la cuestión de cómo avanzar hacia un mayor nivel de sostenibilidad incluso en condiciones externas perjudiciales, tal y como se refleja en los escenarios marco y las imágenes de futuro. Las primeras pruebas han demostrado que se abandonó la idea inicial de llevar a cabo una evaluación cuantitativa de cada escenario siguiendo las líneas de un conjunto de criterios clave, debido al alto grado de incertidumbre sobre los desarrollos futuros. Un método realista debería limitarse a lo que es en realidad factible, y no prometer resultados que no se
5. Identificación de desarrollos y acciones críticos. Dentro de cada uno de los escenarios, se identifican acciones y condiciones clave que son críticos para la futura sostenibilidad del *transition field*. Además de estas cuestiones críticas, se pueden abordar más necesidades de acción que sean decisivas para la realización de los escenarios y el potencial de sostenibilidad. También se puede hacer especial hincapié en un programa de investigación, así como en el apoyo adecuado y las estructuras de red para respaldar un escenario específico.
6. Análisis de las políticas. Este último paso se basa en las recomendaciones previas de cara a identificar los potenciales puntos de intervención respecto a qué iniciativas de políticas públicas

¹³ Los tres escenarios compartían la misma estructura de nueve capítulos con los siguientes títulos: 1) resumen, 2) núcleo del desarrollo de la red, 3) uso de la tierra y recursos, 4) contexto y apoyo político, 5) estrategia y política de I+D, 6) papel de la industria, 7) productos y calidades, 8) rasgos tecnológicos y escala, 9) factores externos.

puedan alcanzar. Por lo tanto, el método de evaluación sugerida y probada en el caso de los CMP/biopolímeros pretende detectar riesgos y oportunidades asociados a cada uno de los escenarios más que ofrecer una evaluación cualitativa e incluso cuantitativa, en apariencia rigurosa, pero infundada¹⁴. Se proponen siete dimensiones de la evaluación de riesgos/oportunidades: economía, empleo, medio ambiente, desarrollo regional, conocimiento, redes y características de producto. Sin duda, estas dimensiones pueden cambiar según el *transition field* específico objeto de estudio.

¹⁴ En el caso paralelo de desarrollar escenarios de transición para las biorefinerías en Austria, se aplicó un enfoque de evaluación estricta, que estudiaba seis criterios derivados del marco de evaluación de sostenibilidad alemana (Grunwald *et al.*, 2001). Sin embargo, este enfoque resultó no ser adecuado ni practicable para el propósito del desarrollo de un escenario de *transition fields*.

cas prometen ser eficaces para crear un escenario con una orientación más sostenible. Además de las conclusiones sobre las políticas que hacen referencia a escenarios individuales, también es importante realizar un análisis transversal de los escenarios para identificar carteras de posibles políticas que sean a la vez sólidas y adaptativas, es decir, permiten abordar razonablemente bien distintos futuros posibles. Las opciones políticas sólidas son aquellas que tendrían un impacto beneficioso en todos o la mayoría de escenarios, mientras que las opciones políticas adaptativas son un elemento importante de una estrategia preventiva, que pretende prepararse para impactos negativos imprevistos en escenarios individuales y explotar con flexibilidad las oportunidades que vayan surgiendo en determinadas etapas de desarrollo. Como requisito previo a la formulación de opciones políticas sólidas y adaptativas, hay que realizar una evaluación transversal de la conveniencia y viabilidad de los escenarios, con el fin de centrarse en las opciones de políticas que prometen aumentar la probabilidad de crear escenarios más deseables, y disminuir la probabilidad de crear los menos deseables.

4. EL CASO DE LOS NUEVOS MATERIALES EN AUSTRIA: EMERGENCIA Y FUTURO DE LOS COMPUUESTOS MATERIALES DE MADERA Y PLÁSTICO Y LOS BIOPOLÍMEROS

En esta sección presentamos los principales resultados obtenidos en el análisis de *transition field* llevado a cabo sobre los materiales

compuestos de madera y plástico y biopolímeros en Austria, señalándose las acciones políticas transversales necesarias para apoyar la transición hacia distintos escenarios posibles en estos nichos tecnológicos, evitando la generación de impactos negativos.

4.1. La situación actual en Austria

Los materiales compuestos de madera y plástico y los biopolímeros abarcan un grupo de materiales bastante heterogéneo, basados en gran medida en el uso de recursos renovables como sustitutos de materiales de base petroquímica. Los CMP contienen por lo general entre un 30% y un 40% de madera u otras fibras naturales, una proporción que la investigación actual pretende incrementar a más del 50% (BMVIT, 2007). Las partículas de madera normalmente son incrustadas en una matriz de plástico, si bien también se pueden emplear matrices de origen renovable (p.ej. con base de almidón). Los biopolímeros representan toda una familia de materiales basados en el ácido poliláctico (PLA) y polímeros asociados, si bien pueden tener otras sustancias como base. Mientras que los CMP ya se están utilizando hoy en el desarrollo de productos de uso interno y externo, sustituyendo a menudo a productos de plástico, los biopolímeros suscitan interés sobre todo en la industria del embalaje, donde se utilizan para producir láminas de embalaje biodegradables. Debido a la creciente preocupación por la escasez de petróleo, el interés por los CMP y los biopolímeros ha ido aumentando a lo largo de los últimos diez o quince años, como fundamento para avanzar hacia una economía más sostenible, basada en gran parte en el uso de recursos renovables.

Austria se ha mostrado activa en el desarrollo de los CMP desde finales de la

década de los noventa. Desde entonces se han lanzado distintos productos innovadores que combinan propiedades de la madera y de los plásticos. En la actualidad varias empresas en Austria producen y venden productos basados en CMP (BMVIT, 2007). Los biopolímeros por su parte han sido utilizados hasta ahora principalmente en la producción de láminas de embalaje biodegradables, sin embargo, actualmente en Austria existen grandes esperanzas respecto a la introducción de un sistema de producción químico basado en ácidos lácticos que ofrecería una amplia gama de materiales con distintas propiedades y aplicaciones. Para que tanto los CMP como los biopolímeros superen el estadio de tecnologías de nicho será clave que todos los actores de la cadena de producción, desde la extracción de recursos hasta el consumo final, sean capaces de identificar beneficios en esta nueva opción tecnológica.

En general, Austria muestra unas condiciones bastante propicias para el desarrollo y difusión de los CMP y los biopolímeros. Austria posee grandes extensiones de bosques y tiene industrias avanzadas de la madera y del plástico que además cuentan con inversiones extranjeras directas; al mismo tiempo desde mediados de los años noventa se ha logrado una importante capacidad de investigación con ayuda de los programas de financiación pública. En concreto los programas de centros de competencia que pretenden fomentar la colaboración entre la ciencia y la industria han sido decisivos para crear capacidades de investigación e innovación, así como fondos para la investigación orientada

En cuanto a las políticas de transición, el programa de financiación de IDT *Factory of Tomorrow*, del Ministerio de Transporte, Innovación y Tecnología austriaco (BMVIT),

se acerca al modelo conceptual de la gestión de nichos estratégicos. No obstante, no se ajusta completamente al marco de referencia planteado por la perspectiva de la gestión de la transición, dado que se centra en la financiación de actividades de IDT. En esencia, pretende crear competencias y trayectorias en áreas específicas (p. ej. biorefinerías, CMP, biopolímeros y otros) que deberían culminar en la realización de proyectos de demostración a gran escala (los llamados proyectos «guías»), mediante la financiación de proyectos que abarcan desde la investigación básica hasta su demostración. Los proyectos «guía» tienen como objetivo demostrar tanto la viabilidad tecnológica como económica de las tecnologías en cuestión, también con vistas a convencer a innovadores, inversores, organismos reguladores y otros ámbitos políticos relevantes que intensifiquen sus esfuerzos para aplicar esas tecnologías a una escala mayor. Sin embargo, a pesar de estos intentos, de momento se ha avanzado poco en el desarrollo de iniciativas reguladoras para facilitar la adopción de CMP y biopolímeros, así como en otros ámbitos políticos como la política agrícola, la regional o la medioambiental. Este hecho es uno de los principales motivos por los que el marco que ofrece la perspectiva de la gestión de la transición para fomentar una mejor coordinación con otros ámbitos políticos relacionados y estimular el compromiso de otros actores industriales y de la investigación está considerado de gran potencial.

4.2. **Escenarios sobre los CMP y biopolímeros en Austria**

A continuación se presentan los tres posibles escenarios de futuro de transición de los sistemas de producción de CMP y biopolímeros en Austria. Los dos primeros di-

fieren en las distintas condiciones marco y el grado de novedad propios de ambos nichos tecnológicos. El tercer escenario pone énfasis en el «carácter de guía» de las nuevas aplicaciones y productos, basados en los nuevos materiales, y la importancia de la orientación a la demanda.

- Escenario 1: «la sustitución compensa-CMP» (*pays off-WPC*). Toma como punto de partida el hecho de que los CMP ya están siendo aplicados en algunos productos. En el contexto de este escenario, el potencial futuro de CMP reside sobre todo en el incremento de los precios del crudo. Las empresas empiezan a sustituir cada vez más los plásticos convencionales por CMP. La madera también es sustituida en algunos casos en que las características técnicas, el peso y la geometría son importantes. Los esfuerzos en I+D se concentran sobre todo en el desarrollo de CMP para sustituir productos de plástico, si bien también se están sustituyendo los productos de madera en algunos procesos. La existencia en Austria de agentes en todos los puntos de la cadena de valor —actores, productores, proveedores de equipos y clientes de I+D— es uno de los motivos que explican el liderazgo austriaco en este tipo de tecnologías. La red creada por estos actores es fruto del centro público de investigación Wood K plus, que ejerce de nodo principal de dicha red.
- Escenario 2: la «sustitución compensa-biopolímeros» (*pays off-bio polymers*). Se centra en las perspectivas de futuro de los biopolímeros en Austria, y parte del supuesto de un incremento generalizado en los precios del crudo. El éxito del escenario depen-

de de los esfuerzos coordinados de la agricultura para suministrar materia prima para los biopolímeros, y su colaboración con las industrias de productos químicos y plásticos. A medio plazo, se logra explotar el gran potencial de los biopolímeros en la producción de embalajes biodegradables. Estos nuevos materiales sirven de base para un grupo de productos químicos, resultando una alternativa creíble a los productos de base petroquímica. La industria austriaca puede posicionarse en nichos globales siempre que cuente con el apoyo de las políticas agrícolas y medioambientales. Sin embargo, a largo plazo también cobran importancia las propiedades de producto, que incluyen productos duraderos y tecnológicamente nuevos, ya que el potencial de crear biopolímeros puros es limitado.

- Escenario 3: es el escenario «productos guía atractivos» (*Lighthouse Products with Appeal*). Aplicado tanto a CMP como a biopolímeros, se están desarrollando aplicaciones avanzadas de los nuevos materiales, utilizados en productos muy innovadores. El éxito del escenario se basa en utilizar características especiales de dichos materiales, así como en la percepción emocional que los compradores tienen de los productos. En otras palabras, a diferencia de los otros dos, es un escenario centrado en los productos basados en CMP y biopolímeros, que utilizan las propiedades y el atractivo especial de este tipo de productos permitiendo fomentar la demanda de nuevos materiales.

Se ha realizado una evaluación de los retos y riesgos de cada uno de los tres esce-

narios, información que permite una evaluación transversal de los escenarios en cuanto a su conveniencia y viabilidad. El escenario 1 fue el mejor puntuado en términos de viabilidad, seguido del escenario 3. La viabilidad del escenario 2 obtuvo una puntuación mucho más baja. Sin embargo, las posiciones según la conveniencia muestran un panorama distinto. El escenario 3 fue considerado especialmente conveniente. El grado de conveniencia casi idéntico del escenario 2 contrasta con su bajo nivel de viabilidad. No obstante, también el escenario 1 obtuvo una puntuación comparativamente alta en la escala de conveniencia, lo que demuestra que el proceso de desarrollo de escenarios proporcionó un conjunto de alternativas bien equilibradas, pero al mismo tiempo diferenciados cualitativamente.

4.3. **Estrategias y políticas de agentes**

Pese a que se presentaron recomendaciones para las estrategias de los agentes y vías de acción para cada uno de los tres escenarios, en adelante se describen consideraciones de tipo transversal. En última instancia, lo que se necesita son opciones sólidas y adaptativas que sean útiles desde una perspectiva política para ofrecer apoyo a los CMP y los biopolímeros en cualquiera de los escenarios («opciones sólidas») y por otra parte, asegurarse de que se evitan los impactos más negativos, además de posibilitar las repercusiones positivas, o como mínimo mantener su potencial («opciones adaptativas»).

Es necesario profundizar en el análisis de los efectos que tienen los escenarios sobre los objetivos de mitigación del cambio climático y el ciclo de vida del producto. Es necesario un estudio interdisciplinar que conecte las ciencias sociales y las naturales.

Además de las recomendaciones específicas del escenario, se realizaron una serie de sugerencias de acción transversales:

- Hay que aumentar la investigación y el desarrollo y centrarlos en la mejora de las propiedades del producto, tales como la durabilidad, la degradabilidad y las características higroscópicas de los CMP y los biopolímeros.
- Es necesario llevar a cabo un análisis del impacto de los escenarios en los objetivos relacionados con el clima y el ciclo de vida del producto. En este caso en concreto falta un estudio interdisciplinar que une las ciencias sociales y las naturales.
- Pese a que el nivel de desarrollo de los CMP es mayor que el de los biopolímeros, habría que tener en cuenta tanto las posibles sinergias existentes entre los dos nichos, como los avances en el área de los biopolímeros alcanzados gracias a la financiación de actividades I+D y a las aplicaciones piloto mejoradas.
- La colaboración entre la investigación y la industria ha mejorado durante los últimos años, pero aún debe aumentar su intensidad.
- Las actividades de I+D e innovación son importantes para mejorar las características de rendimiento de los CMP y de los biopolímeros, pero para que la transición sea posible hay que prestar más atención a la necesidad de generar unas condiciones marco más amplias para la difusión y adopción de este tipo de tecnologías.
- Las actividades relacionadas con los CMP y los biopolímeros en Austria deben tener una mejor difusión en los mercados internacionales. De momen-

- to, las perspectivas tecnológicas y de mercado se restringen demasiado al ámbito nacional. Sin embargo, de cara a lograr a una mayor difusión de este tipo de materiales y el consecuente cambio de régimen, se deben tener en cuenta el desarrollo de los mercados internacionales. Esto puede conseguirse, por ejemplo, mediante proyectos de colaboración en I+D en el ámbito europeo o mediante el desarrollo de mercados a escala global.
- Las normas y estándares son esenciales en los tres escenarios para facilitar y orientar las actividades de innovación. En este sentido, los intereses nacionales deben integrarse en actividades de estandarización internacional, por ejemplo en el contexto de los estándares de construcción.
 - Las prácticas de compra pública pueden ejercer una gran influencia como factores de demanda para la innovación, pero aún no han sido adaptadas (véase también el comentario sobre las normas y estándares) para permitir y facilitar el uso de CMP en concreto. Con un gran volumen de compra pública en la construcción, los CMP podrían beneficiarse significativamente de un ajuste de las prácticas y estándares de compra. Algunas opciones adaptativas, es decir, específicas de ciertos escenarios para evitar riesgos y explotar oportunidades, se centran en los siguientes aspectos:
 - En el escenario 1, una de las principales barreras específicas para la transición es la colaboración aún subdesarrollada entre la industria de la madera y la del plástico. Los respectivos actores se consideran competidores más que socios potenciales en el desarrollo y explotación de CMP en sus respectivos mercados.
 - En el escenario 2, los biopolímeros son una opción a largo plazo, a diferencia de los CMP, cuyo desarrollo ya está bastante avanzado. Pese a que existen algunas sinergias entre ambas trayectorias, sería arriesgado centrarse únicamente en los CMP en detrimento de los biopolímeros. Para garantizar el potencial inherente a los biopolímeros tal y como se refleja en el escenario 2, habría que ofrecer más apoyo al avance de esta tecnología. Además, una estrecha colaboración entre la industria química y la agricultura beneficiaría el desarrollo de biopolímeros. Asimismo, surge la necesidad de coordinar las políticas industrial y de innovación por una parte, y la política agrícola por otra.
 - En el escenario 3, es primordial mantener la opción de lanzar productos guía en el futuro. Por lo tanto, será necesario hacer más hincapié en el desarrollo de productos innovadores que respondan a las necesidades de los usuarios en vez de mejoras inspiradas en la investigación de las propiedades del material. En este contexto, habría que prestar especial atención a la investigación socio-económica del mercado para respaldar la realización del escenario 3.

5. EL IMPACTO DEL ANÁLISIS DE 'TRANSITION FIELD'

5.1. El impacto del análisis de 'transition field' en las políticas gubernamentales

El impacto del análisis de *transition field* y del proceso de desarrollo de escenarios

puede observarse en distintos niveles. En un primer nivel, es interesante observar el efecto que tuvo en las políticas relacionadas directamente con los CMP y los biopolímeros. Los tres escenarios de transición contribuyeron a crear una perspectiva más global y realista de ambos nichos, ya que destacaban claramente las múltiples interdependencias y restricciones a las que está sujeto un cambio de régimen hacia los CMP y los biopolímeros. Se hizo patente que, además de las habituales barreras tecnológicas y económicas, hay que tener en cuenta varias barreras institucionales, estructurales y relacionadas con la política, por lo que es necesario estudiar el papel de los ámbitos políticos relacionados. En concreto, la política agrícola pasó a ser el centro de atención en el caso de los biopolímeros, así como la política industrial en la confluencia de las industrias de la madera y del plástico en el caso de los CMP. En el contexto de la investigación, tecnología e investigación (ITI) el análisis de *transition field* contribuyó al principal programa temático de financiación «Factory of Tomorrow» mediante la definición de prioridades para futuras investigaciones, la identificación de la necesidad de reforzar la colaboración en varios aspectos, así como de intensificar la inserción internacional del programa.

En un segundo nivel, se observa una influencia en el enfoque general del diseño de programas temáticos de financiación de ITI. No solo afecta al programa «Factory of Tomorrow» en concreto, sino también a otros programas con un diseño similar, por ejemplo en el ámbito del transporte, la construcción y la energía. Se modificó la manera de crear las competencias necesarias para el establecimiento de proyectos guía, y se reconoció la necesidad de una mayor inserción de estos proyectos. Esto tiene que ver,

por ejemplo, con el papel de otros ámbitos políticos que permiten o inhiben la adopción de tecnologías que provocan un cambio de régimen, con los factores de la demanda, y con la adopción de una perspectiva internacional sobre las tecnologías competitivas y sobre los mercados considerados. Sin embargo, tal vez sea más importante unir las fuerzas de los actores austriacos más allá de la fase de inicio de un proyecto guía. Creando plataformas y redes, se puede generar un mayor impulso para preparar los mercados y fijar estándares y agendas de investigación comunes.

En un tercer nivel, es importante tener en cuenta el impacto del enfoque de gestión de la transición en este tipo de procesos en Austria. El caso de los CMP/biopolímeros fue uno de los primeros intentos de implementar el modelo de gestión de la transición en Austria, y promovió la investigación novel, así como modelos de políticas en tecnología e innovación en los ámbitos de la energía, el transporte y los sistemas de producción. La estrategia Energy 2050, lanzada en 2007, estaba inspirada, al menos implícitamente, en la idea de gestión de la transición y en las experiencias previas de aplicación de este modelo en los campos de las biorefinerías y los CMP/biopolímeros. Esto condujo a la creación del Fondo del Clima y la Energía (KliEN), combinando responsabilidades en ambos campos, y abarca desde la financiación de ITI a proyectos de inversión. Aunque la implementación del nuevo fondo no se considere óptima en muchos aspectos, ofrece un modelo organizativo que favorece un *mix* de políticas que se adapta a las transiciones. Más recientemente, y también gracias a los debates europeos sobre innovación inducida por la demanda, se ha descubierto que la compra pública es un medio para fo-

mentar la innovación y apoyar las transiciones. Este desarrollo también va en línea con el giro estratégico en la política de ITI (Weber, 2009), es decir, con la introducción en la formulación de políticas de ideas a largo plazo destinadas a la consecuencia de objetivos sociales, una idea muy afín con el enfoque de la gestión de la transición.

Sin duda, resulta muy difícil rastrear de forma causal los impactos en el segundo y tercer nivel para el caso concreto del análisis de *transition field* de los CMP y biopolímeros. Sin embargo, como ejercicio piloto influyó en la idea de cómo iniciar y acelerar un cambio de régimen mediante la financiación de ITI que tenía una comunidad relativamente pequeña de diseñadores de programas dentro del ministerio a cargo de la mayoría de programas temáticos, así como responsables de poner en marcha programas en las correspondientes agencias de financiación.

5.2. El impacto del análisis de 'transition field' en los CMP y biopolímeros

Han pasado cinco años desde que finalizaron los primeros experimentos con el análisis de campo de transición en el ámbito de los CMP y los biopolímeros. Sigue siendo poco tiempo para evaluar realmente si estamos avanzando hacia un cambio de régimen en este ámbito de transición. Sin duda, se han realizado progresos: los CMP están más consolidados como alternativa a los materiales de plástico, pero también a la madera. Los esfuerzos en investigación han contribuido a seguir mejorando las características materiales de los CMP. Las perspectivas para los biopolímeros siguen sin estar claras, pero el mercado y el reconocimiento de la química alternativa basada en recursos no fósiles va en aumento. Aún

no han aparecido en el mercado productos guía atractivos, lo que indica que los escenarios 1 y 2 son más probables. En general, el análisis de *transition field* supuso un importante impulso, pero en este momento es difícil evaluar si supuso el arranque de un cambio de régimen, que sin duda dependerá en última instancia de la multitud de factores indicados en los escenarios.

6. CONCLUSIONES

El análisis de 'transition field' como herramienta de apoyo a las políticas

El concepto de *transition fields* y el método de escenarios arrojó una serie de resultados útiles en el caso de los CMP y los biopolímeros en Austria. El método empleado está orientado al estudio de transiciones en ámbitos heterogéneos como lo es el de la industria manufacturera. Además tiene el potencial de ser aplicada en otros ámbitos de características parecidas y de generar ideas para programas de investigación y tecnología, así como para políticas de tecnología e innovación. Tal y como revelaron las experiencias del caso de los CMP y los biopolímeros, el análisis de *transition field* resulta especialmente útil en los siguientes aspectos:

- Ofrece una orientación y una guía mediante la formulación de escenarios, pero no establece una única visión guía de forma simplista. Por el contrario, propone distintas variantes de futuros desarrollos, señalando cuestiones críticas, elementos de la agenda conjunta y, en un sentido más general, el «espacio de maniobra» para introducir una orientación lo más sostenible posible según las condiciones de cada escenario. Se desarrollaron

diferentes tipos de sugerencias específicas, tanto por escenario como para todos los escenarios. Las últimas sugerencias son especialmente importantes para diseñar una cartera de opciones de políticas sólidas y adaptativas, basadas en la perspectiva multi-escenario del futuro.

- Contribuye a la «creación de comunidad», y por lo tanto a establecer redes y una infraestructura organizativa para los respectivos *transition fields* emergentes.
- Contribuye a ampliar la perspectiva del *transition field* en cuestión, y así a obtener expectativas más realistas en cuanto al potencial y las barreras de un proceso de transición. Desde un punto de vista político, surgen nuevos elementos a tener en cuenta, como la identificación de requisitos y barreras impuestos por otras áreas políticas, la previa consideración de los factores de la demanda para pasar de nuevos proyectos tecnológicos prometedores a productos de éxito, o la necesidad de una perspectiva europea e internacional de lo que está ocurriendo en el *transition field*, tanto en términos de investigación como de mercado.
- Todo ello queda de manifiesto también en el programa de financiación «Factory of Tomorrow». La perspectiva más refinada de los *transition fields* ofrece la posibilidad de identificar y de probar con antelación áreas prometedoras para futuras investigaciones. En otras palabras, el análisis de *transition field* puede servir para comprobar las áreas posibles de investigación prioritarias según su potencial y capacidad de inducir un cambio de régimen, basado en un marco global de transición. Este

enfoque hace necesaria una continuidad y fiabilidad del escenario de financiación y del marco para llevar a cabo una transición. Sin duda es un avance sobre el modelo guía, que se utilizaba en muchos programas de financiación en Austria y que levantaron expectativas demasiado optimistas.

El concepto y enfoque del análisis de 'transition field'

El punto de partida del presente artículo ha sido el estudio de la perspectiva de gestión de la transición tal y como es concebida en la bibliografía sobre el tema. Dicha perspectiva está orientada en la práctica a las transiciones en los sistemas de infraestructuras, por lo que no era adecuada para analizar y explorar escenarios y el potencial de cambio de régimen en ámbitos más heterogéneos como la fabricación de productos. Además, al centrarnos en regímenes a escala macro, la relevancia de la gestión de transición en el diseño e implementación de políticas específicas era limitada. La idea de *transition fields* ofrece una perspectiva más refinada, que sin embargo es compatible con varios de los principios básicos de la gestión de la transición. De esta forma, también permite abordar las políticas específicas para fomentar la emergencia y difusión de nuevas tecnologías en un *transition field*. Una de las consecuencias de este enfoque más refinado es que una transición tiene una mayor dependencia del contexto y requiere ser integrada en una perspectiva de múltiples escenarios.

Esas diferencias conceptuales con la gestión de la transición convencional se reflejan en el método de análisis de *transition field*. Se podría demostrar que este método puede servir para apoyar las políticas de

investigación, tecnología e innovación en distintos niveles. En el ejemplo estudiado, la política de ITI y los programas de financiación han sido el centro de atención. Sin embargo fueron surgiendo nuevas implicaciones en otras áreas políticas relacionadas, así como en las estrategias de cooperación de los actores en el *transition field*. En base a los resultados obtenidos, el método del análisis de *transition field* debiera

seguir siendo probada y aplicada en otras áreas temáticas de ITI que necesiten un cambio de régimen (p. ej. en el contexto de los grandes retos que se están debatiendo en la actualidad en el ámbito de la política europea y nacional); también podría ser útil para revisar las estrategias nacionales de políticas de ITI, dada la percepción de necesidad de un cambio de régimen ante el contexto de la actual crisis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERKHOUT, F., ANGEL, D. y WIECZOREK, A. (2009): «Sustainability transitions in developing Asia: are alternative development pathways likely?», *Technological Forecasting & Social Change*, 76:2, 215-217.
- BMVIT (2004): *Zwischenbilanz 2004. Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften*. Ministerio de Transporte, Innovación y Tecnología de Austria (BMVIT), Viena.
- (2007): «Wood Plastic Composites. Zukunftsfähige Werkstoffe aus Holzverbundmaterialien—Projekte im Rahmen der Programmlinie «Fabrik der Zukunft»», *Forschungsforum 2/2007*, Ministerio de Transporte, Innovación y Tecnología de Austria (BMVIT), Viena.
- ERIKSSON, E.A. y WEBER, M. (2008): «Adaptive Foresight. Navigating the complex landscape of policy strategies.» *Technological Forecasting and Social Change*, 75:4, 462-482.
- GEELS, F. (2002): *Understanding the dynamics of technological transitions*. Tesis doctoral, Universidad de Twente, Enschede.
- GREEN, K. y VERGRAGT, P.J. (2002): «Towards sustainable households: a methodology for developing sustainable technological and social innovations.» *Futures*, 34:5, 381-400.
- GRUNWALD, A., COENEN, R., NITSCH, J., SYDOW, A. y WIEDEMANN, P. (eds.), 2001. *Forschungswerkstatt Nachhaltigkeit. Wege zur Diagnose und Therapie von Nachhaltigkeitsdefiziten*, sigma, Berlín.
- HOOGMA, R., KEMP, R., SCHOT, J. y TRUFFER, B. (2002): *Experimenting for sustainable transport: the approach of strategic niche management*. Routledge, Abingdon.
- KEMP, R. y ROTMANS, J. (2005): «The management of the co-evolution of technical, environmental and social systems», en: Weber, M. y Hemmelskamp, J. (eds.): *Towards Environmental Innovation Systems*, Springer Verlag, Heidelberg/Nueva York, 33-55.
- KEMP, R., SCHOT, J. y HOOGMA, R., (1998): «Regime Shifts to Sustainability through Processes of Niche Formation. The Approach of Strategic Niche Management.» *Technology Analysis and Strategic Management*, 10:2, 175-195.
- RIP, A. y KEMP, R. (1998): «Technological change», en: Rayner, S. y Malone, E.L. (eds.): *Human Choice and Climate Change: Resources and Technology*, vol. 2, Batelle Press, Columbus, Ohio, 327-399.
- KUHLMANN, S. (2001): *Management of Innovation Systems. The Role of Distributed Intelligence*, Maklu-Uitgevers, Antwerp.
- ROTMANS, J.; KEMP, R. y VAN ASSELT, M. (2001): «More Evolution than Revolution. Transition Management in Public Policy». *Foresight*, 3:1, 15-31.
- SAHAL, D. (1985): «Technological Guidepost and Innovation Avenues». *Research Policy*, 14:2, 61-82.
- TUKKER, A., CHARTER, M., VEZZOLI, C., STO, E. y MUNCH ANDERSEN, M. (eds.) (2008): *System Innovation for Sustainability 1. Perspectives on Radical Changes to Sustainable Consumption and Production*, Greenleaf Publishing, Sheffield.
- VAN DER HEJDEN, K., (2000): *Scenarios: The Art of Strategic Conversation*, John Wiley, Chichester.
- VERGRAGT, P.J. (2000): «Strategies towards the sustainable household.» Final report SusHouse project, Delft University of Technology.
- WEBER, M., HOOGMA, R., LANE, B. y SCHOT, J., (1999): *Experimenting with Sustainable Transport Technologies. A workbook for Strategic Niche Management*, Universidad de Twente/JRC Institute for Prospective Technological Studies, Enschede/Sevilla.
- , KUBECZKO, K., LEITNER, K.-H., WHITELEGG, K., OEHME, I., ROHRACHER, H. y SPÄTH, P., (2005): «Transition zu nachhaltigen Produktionssystemen.» Final Report, ARC systems research, IFF/IFZ, Viena/Graz.
- (2009): «FTI-Politik im Spiegel von Theorie und Praxis: von Planung über Steuerung zu Governance», en: Leitner, K.-H., Weber, M. y Fröhlich, J. (eds.): *Innovationsforschung und Technologiepolitik in Österreich: Neue Perspektiven und Gestaltungsmöglichkeiten*, Studienverlag, Viena, 231-254.

¿De la bestia a la bella? Política de industria ecológica en Renania del Norte-Westfalia

162

Renania del Norte-Westfalia (RNW) es el mayor estado federal (*land*) de la República Federal de Alemania. Hasta la década de 1970, la región del Rin-Ruhr, con una población de unos 12 millones de habitantes y una potente industria química, del carbón y del acero, se vio afectada por graves problemas de contaminación. En los años setenta, la protección medioambiental apareció en las agendas políticas nacionales e internacionales. Los gobiernos federales y el estatal lanzaron múltiples intervenciones legislativas y económicas para limpiar ríos, suelos y aire. Como resultado, surgió una ecoindustria muy competitiva. En este artículo, se resumen las características de las ecoindustrias y se describe el cambio estructural de la región del Ruhr. Asimismo, centrándose en el mesonivel y empleando los ejemplos de la gestión energética y la gestión municipal de residuos, se destacan los puntos fuertes y los puntos débiles de las políticas económicas regionales de *clusters* que apoyan las ecoindustrias en RNW.

Ipar Renania-Westfalia (RNW) Alemaniako Errepublika Federaleko estatu federal (land) handiena da. 1970eko hamarkadara arte, Rin-Ruhr eskualdeak, 12 milioi biztanle inguru eta kimika-, ikatz- eta altzairu-industria sendoa zituela, kutsadura-arazo larriak izan zituen. Hirurogeita hamarreko hamarkadan, ingurumenaren babesia agertu zen nazioko eta nazioarteko agenda politikoetan. Gobernu federalek eta estatuko gobernuak hainbat lege eta ekonomia mailako hainbat esku-hartze abiarazi zituzten ibaiak, lurzoruak eta airea garbitzeko. Ondorioz, ekoindustria oso lehiakorra sortu zen. Artikulu honetan ekoindustrien ezaugarriak laburbildu dira, eta Ruhr eskualdearen egitura-aldeaketa deskribatu da. Halaber, mesomailan oinarrituta eta energia-kudeaketaren eta hondakinen udal-kudeaketaren adibideak erabilita, Ipar Renania-Westfalian ekoindustriak laguntzen dituzten clusterren eskualdeko politika ekonomikoen indargune eta ahulguneak nabarmendu dira.

Northrhine-Westphalia (NRW) is the largest land of the Federal Republic of Germany. Until the 1970ies the Ruhr-area with a population of about 12 million people and a strong coal, steel and chemical industry had been plagued with severe pollution. In the 1970ies environmental protection had emerged on the international and national policy agendas. The federal and regional government launched massive legislative and economic public interventions for cleaning-up rivers, soils and air. As a result, a highly competitive eco-industry emerged. The article outlines main features of eco-industries, the structural change of the Ruhr area and regional economic cluster policies in support of eco-industries in NRW. It draws conclusions for eco-industry policy developing from end-of-pipe towards integrated preventive approaches.

ÍNDICE

1. Introducción
 2. Cambio estructural en Renania del Norte-Westfalia (RNW)
 3. Ecoindustrias en RNW
 4. Mesopolíticas en RNW
 5. Ecoindustrias de RNW en un contexto nacional y global
 6. El 'cluster' de la tecnología medioambiental de RNW
 7. Resumen y conclusiones
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: eco-innovación, ecoindustrias, política energética.

Keywords: eco-innovation, ecoindustries, energy policy.

N.º de Clasificación JEL: Q55, Q56, Q52, Q48, Q28.

1. INTRODUCCIÓN

En literatura, la bella y la bestia son personajes opuestos. A primera vista, son fascinantes por no tener aparentemente nada en común, pero, ¿qué pasaría si la bestia se convierte en la bella? Tal metamorfosis se produjo en la región del Ruhr en Renania del Norte-Westfalia. La región del Ruhr era un conglomerado terriblemente industrial y muy contaminado y ha pasado a ser una región con una potente ecoindustria y múltiples atractivos turísticos. En 2010, es Capital europea de la cultura. Actualmente, la región del Ruhr no podría ser la bella como en los cuentos de hadas pero, sin duda, ha pasado a ser una zona

mucho más atractiva y habitable que hace unos 50 años.

Con una población de unos 7,3 millones de habitantes, la región del Ruhr constituye la mayor aglomeración urbana de Alemania y la cuarta mayor de Europa después de Moscú, Londres y París. Esta área está formada por grandes ciudades como Essen, Duisburg y Dortmund. La zona metropolitana del Rin-Ruhr altamente industrializada posee, junto con ciudades de Renania como Colonia y Düsseldorf, una población de más de 12 millones de habitantes.

Durante su industrialización en el siglo XIX y principios del siglo XX, las ciudades de la región del Ruhr formaron una gran colonia con un vasto paisaje industrial. Desde la década de 1960, la región ha sufrido un cambio estructural enorme que ha

* El autor desea expresar su agradecimiento a Meghan O'Brian, del *Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy* por mejorar el texto.

afectado a su entorno económico, social y natural.

La región del Ruhr, que antes era principalmente conocida por la minería y la industria pesada, ahora es una de las regiones industriales reconocida a nivel mundial por el éxito de su reestructuración, al tiempo que sigue arraigada a su pasado, el cual puede estudiarse en la llamada Ruta del Patrimonio Industrial. Esta ruta circular de unos 400 km. alrededor de la región del Ruhr conecta 25 emplazamientos industriales que conforman la red central de la ruta e incluye museos de historia técnica y social, puntos panorámicos y una serie de asentamientos típicos de los trabajadores. Por tanto, la región del Ruhr ha conservado su identidad regional característica y, al mismo tiempo, ha generado nuevas perspectivas de desarrollo económico.

A comienzos de la década de los sesenta, resultaba peligroso vivir en esta área debido a los graves problemas de contaminación del aire, del agua y del suelo (Brüggemeier y Rommelspacher, 1992). Los índices de leucemia, cáncer, raquitismo y cambios patógenos en los censos sanguíneos superaban la media. En algunas calles, el *smog* reducía el campo de visión por la noche a cinco-diez metros. Con el *smog* generado en el invierno en 1962, la tasa de mortalidad subió significativamente.

Hoy en día, la contaminación de la industria pesada es considerada como una señal de atraso y/o mala gobernanza pero desde el siglo XIX hasta 1960, era un símbolo de poder, dinámica industrial, modernidad y riqueza. Algunos primeros testigos de la industrialización como Engels y Marx critican la alteración perjudicial del entorno pero, como ocurría en la mayor parte del mundo, en Alemania también era vista como el pre-

cio inevitable del progreso. Incluso cuando los procesos industriales reducían de manera notoria la esperanza de vida de los trabajadores (p. ej., en la minería de carbón), la gente lo aguantaba poniendo al mal tiempo buena cara y aceptándolo, algo casi incomprensible hoy en día.

Como escribió el poeta Friedrich Hölderlin en su famoso poema Patmos «Pero si el peligro es liberación también crece». Cuando el aumento de la producción llevó la contaminación a niveles intolerables, la región del Ruhr fue la cuna de la política medioambiental moderna de Alemania. En 1961, el ex-Canciller Federal Willy Brandt utilizó durante la campaña electoral federal el eslogan y la promesa: «Cielos azules sobre el Ruhr». Dicha campaña marcó el inicio de un cambio de conciencia en las sociedades industriales y un nuevo concepto de progreso más amplio. Hasta entonces, el símbolo tradicional del progreso eran las chimeneas humeantes, pero el eslogan de Brandt llevó el foco de atención de las plantas de producción a una nueva cuestión de la agenda política: el entorno humano.

Este giro de conciencia durante las décadas de los sesenta y setenta llegó en un momento en que la región del Ruhr tuvo que hacer frente a una crisis que provocó un profundo cambio estructural de la economía en el estado federal de Renania del Norte-Westfalia (RNW).

2. CAMBIO ESTRUCTURAL EN RENANIA DEL NORTE-WESTFALIA (RNW)

Renania del Norte-Westfalia (RNW) está situada en la parte occidental de Alemania y comparte frontera con Bélgica y Holanda. Tiene más de 18 millones de habitantes y

genera alrededor de un cuarto del producto interior bruto alemán. Por lo que respecta al tamaño de la población y al rendimiento económico, el estado federal más occidental de Alemania (*land*) es similar a Australia y, por tanto, superior a la mayoría de Estados miembros de la UE. Dadas las dimensiones de la región, las conclusiones no sólo serían relevantes para las políticas regionales sino también para las políticas industriales nacionales.

En 1946, el gobierno militar británico creó el estado de Renania del Norte-Westfalia, por lo que hasta entonces dicho estado no contaba con una identidad regional propia. Sin embargo, la identidad regional del área del Ruhr se conservó relativamente bien tras la Segunda Guerra Mundial, y aún hoy en día lo sigue haciendo, a pesar de su corta historia. La alta autoestima de esta región está bien cimentada en sus valiosos recursos naturales (minerales, energía hidráulica, carbón), que fueron la fuente de riqueza y de poder industrial y militar del emergente Reich alemán. Tras dos Guerras Mundiales perdidas, los recursos de la región del Ruhr siguieron siendo una base física segura para la estabilidad social y el crecimiento económico de Alemania.

A comienzos de la década de los sesenta, la competitividad económica del sector del carbón de la región del Ruhr disminuyó y, diez años después, comenzó la crisis del sector del acero en la misma zona. La sustitución de la mano de obra por capital era la consecuencia lógica. Durante la década de los setenta, el suministro de mano de obra aumentó en comparación con el suministro de capital y recursos naturales. Actualmente, se han invertido las relaciones originales de los factores productivos. Los descendientes de aquellos trabajadores, que emigraron a la región del

Ruhr durante los siglos XIX y XX, están haciendo frente en los barrios industriales de RNW a un suministro de carbón y acero que ahora es escaso o que ya no puede procesarse ni venderse de manera rentable en el mercado mundial.

El desequilibrio entre recursos humanos y recursos naturales dificulta cada vez más un nuevo equilibrio social. Una nueva ola de inmigrantes hizo que la situación fuera aún más compleja. Durante la segunda mitad del siglo XX, los gobiernos federal y regional fomentaron la inmigración de trabajadores, principalmente del sur de Europa y de Turquía. Éste fue otro factor que provocó un aumento de la inestabilidad social así como un rápido crecimiento de la productividad de la mano de obra y de la consecuente presión sobre el empleo. En un periodo de 40 años, el número de trabajadores del sector del carbón descendió de 450.000 a menos de 60.000, y en el sector de la fabricación de acero bajó de 230.000 a unos 70.000. La tasa media de desempleo en la región del Ruhr llega entonces a un tercio por encima de la media nacional.

Ante este panorama de crisis estructural, los responsables políticos nacionales y regionales reaccionaron lanzando programas de ajuste estructural de gran alcance que debían superar la inercia y resistencia de las redes sociales conservadoras del estado, las cuales deseaban mantener las estructuras industriales establecidas. Los programas comenzaron con un retraso de una década a finales de los años sesenta del siglo pasado. A principios de 1968, se habían invertido miles de millones de euros (marcos alemanes en aquella época) para amortiguar los efectos negativos del cambio estructural y para sentar las bases de nuevos avances positivos. Según la FES (1999), el dinero fue destinado principalmente a dos ámbitos:

– Por un lado, al desarrollo y modernización de infraestructuras. Hoy en día, RNW posee una densa red de calles, autopistas y vías férreas. Posee el puerto interior más grande (Duisburg), dos aeropuertos internacionales (Colonia/Bonn y Düsseldorf), un buen sistema de suministro y eliminación de materiales, 14 universidades con unos 160.000 estudiantes, 20 centros tecnológicos y 13 centros de investigación y desarrollo. Los gobiernos federal y regional fundaron varios institutos e instituciones de investigación (como los institutos Max-Planck y Fraunhofer y un Centro Científico regional) además de instituciones de investigación público-privadas.

– Por otro lado, el gobierno invirtió en programas para compensar el cambio y los trastornos sociales. Los programas de asistencia social estaban principalmente dirigidos a sectores económicos que habían perdido competitividad, como las explotaciones mineras subterráneas de procesamiento de carbón o acero. En Alemania, los miles de millones de subsidios no productivos destinados a las industrias en decadencia de la región del Ruhr fueron objeto de un importante debate político. Otras regiones que sufrían problemas similares ofrecieron respuestas políticas alternativas con medidas de apoyo social no equiparables. En muchos de estos lugares, la población ha disminuido considerablemente. Por ejemplo, Pittsburgh (EE.UU.), antiguo baluarte de la industria del acero, ha sufrido muchos procesos migratorios desde 1970 y zonas enteras de Inglaterra y Gales se han descompuesto. En

RNW, estas políticas liberales nunca habían sido una opción. La decadencia económica y social de la región del Ruhr, en la que viven 8 millones de habitantes, no se hubiera aceptado socialmente.

Echando la vista atrás, las políticas estructurales de RNW parecen ambiguas. Tras el declive de las industrias pesadas basadas en la extracción y procesamiento de recursos naturales (carbón y acero), el gobierno intentó abordar el cambio estructural dando un giro hacia los únicos recursos que abundaban: los recursos humanos. Los gobiernos federal y regional invirtieron sistemáticamente en investigación y educación, lo cual elevó el nivel educativo y aumentó la capacidad de innovación de la industria. Al haber mucho capital y recursos humanos, dicha inversión fue una respuesta constante ante el reto de un entorno competitivo cambiante; sin embargo se desatendió la dimensión ecológica. Surgió una industria competitiva basada en la innovación técnica. En términos físicos, aumentó la productividad al sustituir la mano de obra por máquinas. El consumo de recursos naturales y el uso de capital hecho por el hombre para la industria manufacturera aumentaron a costa de la fuerza de trabajo. La percepción de la protección medioambiental se había limitado a modelos de «final de tubería» de carácter reactivo, no dando lugar aún a políticas estructurales que aumentaran activamente la eficiencia de los recursos de la economía regional.

3. ECOINDUSTRIAS EN RNW

El pensamiento medioambiental de «final de tubería» dominó en la región del

Ruhr durante más de 30 años. El eslogan de Willy Brandt «Cielos azules sobre el Ruhr» fue aplicado por el gobierno federal en colaboración con el gobierno regional de RNW. Se aprobó una estricta legislación medioambiental y se realizaron grandes inversiones en tecnologías de limpieza medioambiental. Por tanto, RNW invirtió en la salud de su población y en su medio ambiente y se convirtió en pionera en el desarrollo de una industria de productos y servicios medioambientales. Hoy en día, las ecoindustrias han pasado a ser un pilar importante y muy competitivo de la economía de RNW (Nordhause-Janz y Rehfeld, 1995). No obstante, resulta difícil recoger pruebas empíricas sobre su peso en la economía regional.

Un problema general que surge a la hora de evaluar el tamaño de la industria de servicios y tecnologías medioambientales es que los datos económicos no se recogen de forma sistemática ya que no constituye un sector de producción industrial en sí mismo sino una industria formada por varios sectores. Otro problema es la «paradoja de la integración» (Schepelmann, 2005): cuando la protección medioambiental y la gestión de recursos se integran en la gestión y la fabricación de una empresa, entran a formar parte de la gestión de costes dominante de la misma y, por tanto, no se consideran como una inversión medioambiental. Por ejemplo, ¿una central eléctrica o un coche con un bajo consumo de combustible son un bien medioambiental? ¿Una gestión que permite la reducción de costes basándose en ahorros en material y en energía es un servicio medioambiental o simplemente una buena gestión de costes? Por tanto, es de suponer que cuanto más infravalorada está la cuota de participación de las industrias de

servicios y tecnologías medioambientales en las estadísticas económicas oficiales, mejor se integra en la planificación y la producción.

Ni las estadísticas de RNW ni los diferentes proyectos de investigación han resuelto la «paradoja de la integración» pero ofrecen una perspectiva conservadora del tamaño de las ecoindustrias de la región. Por ejemplo, a finales de la década de los noventa, el Ministerio de Empleo encargó un estudio para evaluar el tamaño del sector en RNW (KNI, 1998). Según la investigación basada en una encuesta realizada a más de 1.200 compañías, más de 117.000 personas trabajaban en las ecoindustrias de RNW en 1996, lo que equivale al 2% aproximadamente del empleo total. Con una facturación total de más de 22.000 millones de euros, el sector invirtió unos 2.500 millones de euros.

Los datos del Instituto Klaus Novy (KNI) pueden cotejarse con una evaluación de Ecotec (2002) sobre la facturación total y el empleo en las ecoindustrias de la Unión Europea. Aunque ambos estudios emplean diferentes metodologías en diferentes años base, nos dan una indicación de la importancia de las ecoindustrias de RNW en la UE. Un contraste de los datos de RNW de 1996 y los datos de la UE de 1999 daría como resultado una cuota calculada del 13% de la facturación y el empleo totales de RNW. Esta región, donde vivía el 4,8% de la población de la UE, tenía por tanto una cuota proporcionalmente mucho mayor de ecoindustrias. Con relación al empleo general en RNW, la cuota «verde» había sido del 2,4% mientras que Ecotec (2002) calculaba que la cuota media de empleo verde en la UE era de un 1,3% aproximadamente.

En 2006, alrededor del 25% de la industria verde alemana se ubicaba en RNW. Algunos sectores estaban muy bien representados, como el sector del agua (más del 40%) o de la purificación del aire (30%). Según los cálculos de Rehfeld y Schepelmann (2007), las ecoindustrias de RNW tuvieron una facturación total de 1.800 millones de euros. Alrededor del 50% de dicha facturación se generó en la industria del tratamiento del agua. En general, el volumen de exportación en 2004 alcanzó los 459 millones de euros. Se calculó que el empleo directo fue de 183.000 empleos, lo que representaba aproximadamente el 2,2% del empleo total de RNW.

En resumen, las ecoindustrias se han encontrado unas condiciones bastante favorables en RNW:

- Una gran presión por las cuestiones de la salud y el medio ambiente (agua, aire, suelos) debido a la elevada densidad de industrias contaminantes (industria química e industrias del acero y del carbón).
- Una concienciación y discurso público medioambientales de rápida difusión durante las décadas de 1960 y 1970.
- Desde comienzos del discurso medioambiental, un gobierno socialdemócrata coherente y, posteriormente, una serie de coaliciones entre los socialdemócratas y el partido verde, con líderes muy influyentes que asumieron la responsabilidad de la política medioambiental.
- La elevada facturación total de las ecoindustrias.
- Un alto peso de ecoindustrias en el empleo en general.

4. MESOPOLÍTICAS EN RNW

Sólo unos pocos estudios describen las industrias de productos y servicios medioambientales de RNW en su conjunto. A pesar de la prosperidad económica del sector, las políticas regionales pertinentes aún son muy jóvenes. No obstante, pueden extraerse lecciones observando el nivel meso de ciertas ecoindustrias, debido a que las mesopolíticas son un nivel decisivo para lograr una política multinivel de industria ecológica exitosa.

«La mesopolítica es el conjunto de políticas dirigidas a gestionar un cambio estructural y sus consecuencias» (Meyer-Stamer, 2000; p. 1; traducción propia). Se caracteriza por:

- Negociaciones entre el gobierno y actores sociales no gubernamentales.
- Instituciones capaces de formular e implantar mesopolíticas.

Mientras el alcance de las políticas macroeconómicas de la Unión Europea se reduce cada vez más debido a la globalización de las economías y los acuerdos comerciales, además de a una creciente armonización dentro de la Unión Económica y Monetaria, las mesopolíticas aún no se sienten influenciadas por procesos políticos externos (Esser *et al.*, 1996).

La función de las mesopolíticas públicas es compensar el fracaso del mercado y promover el desarrollo económico. Es una parte crucial de la gobernanza a múltiples niveles caracterizada por un enfoque intersectorial en el que participan varios actores públicos y privados. En el nivel meso (o medio), las redes políticas definen la relación entre agentes controlados y agentes controladores. Esser *et al.* (1996) definen el desarrollo de un escenario meso princi-

palmente como un problema de dirección y organización. La auto-organización de sistemas meso determina, en gran medida, las oportunidades de éxito en la aplicación de políticas de desarrollo económico orientadas a objetivos (política estructural). Son, ante todo, los sistemas meso (redes de políticas) los que permiten o impiden el control político de los desarrollos económicos en el ámbito de la política regional.

4.1. Detección y documentación de mesopolíticas

Los avances mesopolíticos no suelen estar descritos en la literatura científica habitual. Por tanto, deben emplearse otros medios para analizar este tipo de políticas de carácter informal y formal. En RNW, Internet ha demostrado ser una fuente ideal de información.

La función principal de las mesopolíticas es interrelacionar y ayudar a los actores gubernamentales y no gubernamentales para introducirse en sistemas funcionales diferenciados (redes de políticas). Los diferentes ministerios regionales y agencias subordinadas proporcionan un amplio abanico de portales de Internet para promover las relaciones públicas, el intercambio de información y la creación de redes. En RNW, éstas han estado conectadas a iniciativas regionales (las llamadas *Landesinitiativen*). Recientemente, se han reducido y concentrado en 16 «iniciativas de cluster»:

1. Automoción.
2. Biotecnología.
3. Químico.
4. Investigación energética.
5. Industria energética.
6. Sector agrícola-alimentario.
7. Sector sanitario.

8. Tecnologías de la Información y la Comunicación.
9. Sector cultural y creativo.
10. Plásticos.
11. Logística.
12. Ingeniería mecánica/Tecnología de producción.
13. Medios de comunicación.
14. Investigación médica.
15. Nanomateriales/micromateriales.
16. Tecnologías medioambientales.

Aunque la literatura científica habitual no ofrece ningún resumen sistemático sobre las mesopolíticas medioambientales de RNW, Internet permite controlar de manera minuciosa el escenario meso. Antes de que la sociedad basada en el conocimiento utilizara Internet como vehículo de difusión e interrelación, hubiera sido necesario realizar entrevistas específicas a actores gubernamentales y no gubernamentales y mostrar la «literatura gris» (folletos informativos, documentos de trabajo, etc.). Esta metodología habitualmente lenta e incompleta, y que requería mucho tiempo, puede ser más o menos sustituida por la investigación creativa en Internet. No obstante, algunos resultados presentados en este artículo han sido validados mediante entrevistas a expertos. No parecía que el uso de Internet ofreciese una percepción distorsionada. Internet no solo transmite información sino que también la filtra ya que solo permite descubrir información que se coloca conscientemente. El siguiente análisis fue realizado sobre el supuesto de que las mesopolíticas gubernamentales que no pueden encontrarse en Internet no son relevantes porque no han utilizado uno de los medios de interconexión más importantes. Por tanto, estas iniciativas no cumplirían su función característica de interrelación y por tanto, tienen poca relevancia.

La información disponible en Internet se actualiza constantemente, si bien este hecho la convierte en muy volátil. Por ejemplo, durante la investigación, parte de la información utilizada en este artículo desapareció y fue sustituida por otros contenidos. La estabilidad limitada de los resultados de la investigación parece ser proporcional al carácter difuso del objeto de estudio. Las mesopolíticas suelen ser un proceso de prueba y error complejo y adaptativo que suele verse influido por avances políticos espontáneos, elecciones y otros cambios socioeconómicos. En las siguientes secciones, se describe el estado de las mesopolíticas en dos sectores ecoindustriales estratégicos con una alta relevancia regional: energía y gestión de residuos. Los resultados presentados en este artículo se basan en una investigación sistemática más amplia realizada por Schepelmann (2005) y su único propósito es ofrecer una impresión general de las tendencias y problemas asociados a las mesopolíticas medioambientales de RNW.

4.2. Políticas de eficiencia energética y energías renovables

El Ministerio de economía de RNW afirma en su estrategia climática que RNW está «orientada a la energía de una manera que no puede compararse con ninguna otra región de Europa» (MWMEV, 2001; p. 16). Casi el 30% de la producción energética alemana se encuentra en RNW. Más del 80% de la producción de electricidad de RNW se basa en el lignito y en el carbón mineral.

Por consiguiente, en RNW hay una mesoestructura extraordinariamente densa «con una red de centros tecnológicos que cuentan con instalaciones de transferencia a la industria, la economía y el comer-

cio. Percibir las tecnologías energéticas como tecnologías de futuro es, por tanto, una característica distintiva del perfil de la innovación, que se caracteriza por una política energética adaptativa. Los aspectos tecnológico e industrial de la política energética de RNW se manifiesta, entre otras cosas, en la creciente cantidad de empresas, que desarrollan tecnologías innovadoras y componentes y servicios para el uso y transformación innovadores de la energía» (MWMEV, 2001; p. 17).

Las ricas mesoestructuras de RNW generan constantemente opciones de política energética que se seleccionan, aplican y evalúan en actividades relacionadas con el mercado, por ejemplo:

- La iniciativa regional «Futuras energías de RNW» (*Landesinitiative Zukunftsergien NRW*).
- Investigación relacionada con la energía y el desarrollo tecnológico.
- El programa «Uso racional de la energía y de las fuentes energéticas regenerativas» («Programa REN», ahora conocido como «progres.nrw»).
- La Agencia de la Energía RNW.
- Programas relacionados con la energía pertenecientes a la agencia de protección del consumidor de RNW.
- La agencia de eficiencia de RNW.
- El programa de actuación 2000plus «Energía en el marco municipal en NRW», las iniciativas Communal Label, KommEN.
- La campaña «Protección climática en oficinas y hogares privados».
- El acuerdo con el sector de la vivienda «Coalición para la protección climática».

- El programa de modernización de centrales eléctricas de RNW.
- El mercado de bombas de calor de absorción de RNW.
- La red «Pilas de combustible».

Estas medidas suelen apoyar la investigación y el desarrollo tecnológico (IDT), la consultoría, las relaciones con el consumidor y las políticas de marketing e industrial clásicas. La IDT y la consultoría suelen ir asociadas a redes de diversos actores. No podemos detallar aquí minuciosamente las iniciativas. Por tanto, se mencionarán algunos elementos destacados que se complementan entre sí para ilustrar las mesopolíticas de RNW que apoyan los servicios y la producción de energía sostenible.

En 1987, el gobierno de RNW creó el programa «El Uso Racional de Energía y el Uso de Fuentes de Energía Renovables» (*Rationelle Energieverwendung und Nutzung unerschöpflicher Energiequellen*, REN). Desde 1996, se conoce como *progres.nrw*¹. El programa cuenta con un presupuesto anual de unos 50 millones de euros. Desde su creación, se han financiado más de 51.000 proyectos con unos 640 millones de euros. Las inversiones privadas en combinación con la cofinanciación del programa ascienden a una inversión total en estructuras de energía sostenible de unos 3.200 millones de euros. El objetivo del programa es explotar los potenciales industriales y tecnológicos que ofrecen el uso racional de la energía y las energías renovables. Este objetivo se cumple en colaboración con actores de la industria, la ciencia y las administraciones públicas. El programa consiste en un conjunto de medidas legislativas, consultoría y medidas de apoyo fi-

nanciero. Entre las actividades, se incluye el apoyo a la investigación, el desarrollo y la demostración tecnológica así como la eliminación de trabas administrativas. Estas actividades vienen acompañadas de campañas de concienciación pública. Por ejemplo, en el marco de la campaña «Consultoría sobre energía 2000+», diferentes secciones de la agencia del consumidor de RNW ofrecían servicios de consultoría a los consumidores sobre el uso racional de la energía.

En 1996, la «Iniciativa Estatal de RNW sobre Energías Futuras» (*Landesinitiative Zukunftsentwickelung NRW*) se creó principalmente con el apoyo económico del programa REN. La iniciativa fue apoyada por diferentes ministerios. Se incluían actividades que iban desde la investigación aplicada (financiada por el Ministerio de Educación, Ciencia e Investigación), al desarrollo y demostración tecnológicos (Ministerio de Economía, Energía y Transporte), e introducción en el mercado (Ministerio de Vivienda y Construcción Urbana, Cultura y Deportes y Ministerio de Medio Ambiente y Protección de la Naturaleza, Agricultura y Protección del Consumidor). La iniciativa era una plataforma estratégica para futuras energías pero también era un foro de consulta, un marco de actuación y una cámara de compensación para información, contactos y colaboración. Esta iniciativa estaba destinada a acelerar la innovación en RNW mediando en la colaboración y en las alianzas estratégicas, así como la introducción de nuevas tecnologías, productos y servicios a nivel nacional e internacional. La iniciativa pretendía abarcar a todo el ámbito meso de RNW.

Más de 3.000 actores del ámbito de la investigación, el gobierno, las industrias y las ONG se coordinaron en 17 grupos de trabajo:

¹ <http://www.progres.nrw.de>

1. Exportación y comercio.
2. Edificación y construcción.
3. Biomasa.
4. Tecnología solar térmica.
5. Bombas de calor de absorción:
6. Conceptos de energía sectorial.
7. Pilas de combustible.
8. Servicios relacionados con la energía.
9. Grisú.
10. Energía hidráulica.
11. Energía del hidrógeno.
12. Cogeneración.
13. Almacenamiento de energía.
14. Fotovoltaica.
15. Energía geotérmica.
16. Energía eólica.
17. Tecnología de centrales eléctricas.

Los proyectos especialmente innovadores o significativos llevaban el nombre de «proyectos principales». Estos debían tener ventajas tecnológicas o económicas y también beneficios en cuanto a ahorros energéticos y protección medioambiental y climática. Se desarrollaron criterios adicionales para el sector de la edificación y la construcción.

Algunos proyectos principales conforme a estas condiciones fueron las plantas de producción de célula solar, las poblaciones que funcionan con energía solar, las plantas de energía eólica, los coches que funcionan con pila de combustible o el uso de calor a partir de residuos.

Las actividades de la Iniciativa Estatal de RNW sobre Futuras Energías se complementaron con actividades de relaciones públicas. En una conferencia anual sobre la iniciativa se mostraban los últimos avances tecnológicos y el progreso de los grupos de trabajo. La iniciativa también estuvo representada en ferias nacionales e internacionales. Las relaciones públicas también se complementaron

con un atlas de futuras energías de RNW y su base de datos y revista correspondientes.

En 1990, el Ministerio de Economía creó la Agencia de la Energía RNW². La agencia es el principal centro gubernamental de información y agente de contactos que promueve y negocia activamente las ayudas para mejorar el rendimiento energético y aumentar el uso de energías renovables. El grupo destinatario es principalmente la pequeña y mediana empresa. Además, la agencia mantiene informados a los municipios, ingenieros, arquitectos, artesanos, ONG, iglesias, partidos políticos y otras asociaciones. La agencia es el punto de referencia para las industrias y los municipios en todas aquellas cuestiones relacionadas con la contratación de energía.

Desde 2007, la Agencia de la Energía RNW y la Iniciativa Estatal de RNW sobre Futuras Energías se fusionaron para formar «EnergieAgentur.NRW» (*AgenciaEnergía. RNW*). Así se ha creado una plataforma central mesopolítica con competencias de financiación de proyectos técnicos de investigación, desarrollo y demostración y de su introducción en el mercado, y también de consultoría y formación sobre energía. La «EnergieAgentur.NRW» organiza redes de innovación y alianzas estratégicas, proporciona servicios de consultoría sobre energía, soluciones de contratación para compañías y administraciones y servicios de información y formación continua para expertos y el público en general. La agencia ofrece una plataforma tecnológica para la investigación y la industria en las siguientes áreas de referencia:

- Eficiencia energética y energías renovables para empresas y autoridades locales.

² <http://www.ea-nrw.de>.

- Construcción solar y energéticamente eficiente.
- Centrales eléctricas innovadoras.
- Biomasa.
- Combustibles y sistemas de propulsión del futuro.
- Pilas de combustible e hidrógeno.
- Energía solar.

Además de las plataformas tecnológicas, la consultoría y la formación, la agencia también participa en campañas informativas dirigidas al público en general, como «Acción de Pellets de Madera» (www.aktion-holzpellets.de) o el «Mercado de Bombas de Calor de RNW» (www.waermepumpen-marktplatz-nrw.de) y demás actividades informativas mediante folletos, guías de mercado, publicidad en radio, portales de internet y una línea telefónica directa.

4.3. Políticas municipales sobre residuos

Las políticas municipales de RNW arrojan luz sobre las numerosas dificultades de gestionar los flujos de materiales y de residuos. La gestión municipal de estos es, en gran medida, una responsabilidad de los municipios de RNW. La responsabilidad del gobierno de RNW se limita básicamente a monitorizar los flujos de residuos municipales y su eliminación por parte de empresas públicas y privadas. Aunque la facturación total y el empleo en este sector son elevados, el gobierno de RNW no aplica mesopolíticas equiparables al sector de la energía.

La estructura del sector de los residuos es, en su conjunto, bastante poco clara.

Está en un proceso de concentración económica y se caracteriza por intereses divergentes. No hay ninguna «iniciativa sobre residuos en el *land*» que pueda aportar una mayor transparencia. La literatura científica sobre el desarrollo y la gobernanza del sector de los residuos de RNW es escasa. No obstante, la investigación por Internet ha proporcionado resultados bastante interesantes^{3,4}.

Según la constitución alemana, la competencia legislativa sobre gestión de residuos reside en la esfera federal. Al promulgar la legislación sobre economía circular (Kreislaufwirtschaftsgesetz), el gobierno federal cambió el foco de atención de la legislación sobre residuos, que pasó de la deposición al reciclaje. La legislación influyó en los hábitos de consumo y en los modelos de producción de Alemania ya que los cupos de reciclaje (por ejemplo, de cristal, aluminio y papel) subieron considerablemente. La legislación federal se complementó con la legislación a nivel estatal (*länder*). Desde 1999, RNW posee una nueva legislación sobre residuos que regula la responsabilidad de la gestión pública de residuos, especialmente en los municipios.

También a nivel UE, se elabora la legislación pertinente, por ejemplo, en el campo de los residuos electrónicos o los vehículos fuera de uso. Las Estrategias Temáticas sobre la prevención y reciclaje de residuos y el uso sostenible de recursos naturales reflejan que la prevención está adquiriendo cada vez más importancia. Sin embargo, la creciente capacidad de reciclaje e incineración de residuos podría entrar en contradicción con su pre-

³ <http://www.bvse.de/home.html>.

⁴ <http://www.nrw-luawebapps.de/aida>.

vención Esto puede ocurrir si las empresas desarrollan un interés comercial en el uso o tratamiento de cantidades crecientes de residuos, que es lo que parece que pasa en RNW. Además de esta contradicción estratégica, se han dado numerosos casos de fraude y corrupción, lo que refleja una falta de gobernanza en el sector de los residuos de RNW.

En 2002, la Asociación federal de gestión de residuos y materias primas secundarias (BVSE) publicó un comunicado de prensa en el que se describía con claridad el estado de la gestión de residuos en RNW. La BVSE organiza a unas 600 pyme del sector de los residuos con una facturación total de unos 10.000 millones de euros y unos 50.000 empleados. En manifestaciones a la prensa, el presidente de la BVSE, Hans Jürgen Cieron, desmintió una declaración del Primer Ministro de RNW, Wolfgang Clement, tras la detención de algunos miembros del partido socialdemócrata del Primer Ministro en el contexto de un escándalo de fraude municipal. Clement dijo en una entrevista en televisión que consideraba que los procesos penales de RNW eran habituales en el sector de los residuos. Cieron respondió que la creciente confianza entre los responsables políticos municipales y la empresa fomentaría la corrupción. Las redes informales crecerían a costa de la circunscripción de las pyme de la BVSE y del contribuyente. Ya en un comunicado de prensa anterior emitido dos semanas antes, había declarado que ningún otro gobierno regional alemán mezclaba los intereses públicos y privados tanto como el gobierno de RNW.

Tras una serie de escándalos, el gobierno de RNW creó el grupo «anti-corrupción» para arrojar luz sobre el negocio de los residuos en la región. Tras un breve pe-

riodo, se retiró de internet el informe final de este grupo debido a la presión legal de los acusados. El informe final explica (Untersuchungsstab Antikorruption 2003; p. 17, traducción propia):

En los últimos años, la situación del sector de los residuos ha cambiado bastante. A comienzos de la década de 1990, se preveía un estado nacional de emergencia con relación al tratamiento de residuos. Hoy en día, debe reconocerse una sobrecapacidad significativa. La legislación de la economía circular es responsable de reducir los volúmenes de residuos. Las condiciones cambiantes de la legislación de residuos han favorecido una nueva situación y han surgido nuevas estructuras de responsabilidad y eliminación final. Hasta entonces, se había protegido un sector público de los residuos basado en el interés público mediante derechos de monopolio. De repente y por primera vez en su historia, hicieron frente a la competencia del mercado y a la necesidad resultante de reducir los costes.

Según el grupo anti-corrupción, esta situación cambiante dio lugar a unas estructuras público-privadas no transparentes. Con el objeto de regular dichas estructuras, los representantes municipales fueron delegados a los órganos de control de estas empresas público-privadas nuevas pero, según el grupo (*ibid*, p. 31):

La falta de conocimiento técnico de los representantes municipales contrastaba brutalmente con el conocimiento de sus homólogos privados.

Pasado un tiempo, la gestión de residuos municipal de RNW se descontroló. Finalmente, los intereses privados dominaron parcialmente a los intereses públicos, especialmente durante la preparación de los procedimientos de licitación (*ibid*, p. 43):

La revisión del tratamiento de residuos durante los años ochenta y comienzos de

los noventa del siglo XX requería nuevos conceptos de incineración de residuos, reutilización y eliminación para cumplir los objetivos políticos de los municipios. Los municipios no solían disponer del conocimiento técnico necesario así que adoptaron conceptos de tratamiento de residuos de sus homólogos privados. Esto generó dependencias entre las administraciones y los responsables políticos que suscitaron importantes dudas con relación a su posición neutral.

El informe del grupo señalaba que la capacidad para regular las corrientes de residuos municipales en RNW era insuficiente. Parecía haber, especialmente a nivel municipal, una falta de conocimiento necesario y de modelos reguladores entre los representantes elegidos y oficiales.

5. ECOINDUSTRIAS DE RNW EN UN CONTEXTO NACIONAL Y GLOBAL

Los casos de las mesopolíticas de RNW en materia de energía y gestión de residuos muestran dos extremos de las mesopolíticas ecoindustriales. Por un lado, podemos encontrar un plan sofisticado para organizar la participación de las partes interesadas, la investigación, el desarrollo tecnológico y del mercado con el objetivo de aumentar la eficiencia energética y el uso de fuentes de energía renovable. Esto no indica necesariamente que la política energética de RNW en su conjunto sea más sostenible que en otras regiones pero, en lo que respecta a la eco-innovación orientada a objetivos, probablemente representa un ejemplo de «buenas prácticas».

Por otro lado, el caso de la gestión municipal de residuos de RNW constituye un ejemplo de la peor práctica ya que refleja

la ausencia e incluso la subversión de la gobernanza. Este caso tampoco indica necesariamente que las políticas de RNW en materia de residuos sean menos sostenibles que en otras regiones. Algunos ejemplos recientes recogidos en otros municipios europeos, como en la ciudad italiana de Nápoles, han demostrado que la gestión de residuos puede ser aún peor. Este hecho refleja que los riesgos políticos están relacionados con la falta de gobernanza en relación a las ecoindustrias ya que suelen afectar a funciones estratégicas e intensivas en capital. En cuanto a la gestión de la eco-innovación, el trastorno que sufre la gobernanza debido a la corrupción parece ser un problema que no se describe suficientemente pero que, no obstante, es importante. La contextualización insuficiente de la corrupción en las relaciones público-privadas también parece apreciarse en la literatura general sobre gobernanza.

Para evaluar la importancia económica de regular la gestión de residuos, la eficiencia energética y la política sobre energías renovables de RNW, estos aspectos deben contextualizarse dentro de las estrategias nacionales de eco-innovación de Alemania, país que lidera el suministro de servicios y tecnología medioambientales a nivel mundial. Como se ha indicado anteriormente, RNW y la región del Ruhr desempeñan un papel fundamental en la historia de la política alemana referida a la industria ecológica. Por tanto, las ecoindustrias de RNW también deben ser colocadas en el contexto de los avances recientes y futuros de los mercados «verdes» nacionales y globales.

Según recientes evaluaciones realizadas por el Ministerio Federal de Medio Ambiente alemán (BMU, 2009), la indus-

tria medioambiental alemana está en auge y seguirá creciendo. El 40% de todas las empresas del sector tuvieron una tasa de crecimiento anual del 10% entre 2004 y 2006. Más del 5% de la producción industrial alemana consiste en productos y servicios medioambientales. Entre 2005 y 2007, la producción de la ecoindustria creció un 27% en total. El gran desarrollo de la industria medioambiental en Alemania también influyó en el mercado laboral. Las ecoindustrias registraron un aumento medio del 15% en mano de obra entre 2004 y 2006. Entre 2004 y 2006, el sector creó otros 300.000 puestos de trabajo. En 2006, el 4,5% de todos los empleados alemanes estaba trabajando en las industrias de productos y servicios medioambientales, es decir, 1,8 millones de personas.

Actualmente, Alemania representa un 16% del comercio global de productos medioambientales y está adquiriendo importancia en los mercados globales. Las encuestas realizadas entre empresas del sector de la ecoindustria alemana han reflejado que se prevé una elevada tasa de crecimiento en la facturación total para los próximos años, especialmente en energías y recursos renovables. Según un estudio de la consultora Roland Berger (Berger, 2008), se prevé que, a medio plazo (2030), la industria medioambiental desbanque a los impulsores tradicionales del crecimiento económico alemán como la construcción de maquinaria y de vehículos. En opinión de Berger (2008), la producción de energía sostenible, la eficiencia energética, de material y de recursos y la gestión circular de materiales (Kreislaufwirtschaft) serán mercados pioneros estratégicamente decisivos para la eco-innovación.

Gracias a mesopolíticas muy elaboradas cuyo fin son las energías renovables y el uso energético eficiente, RNW parece ocupar una buena posición en relación a los dos primeros campos estratégicos identificados por Berger. Para aumentar la eficiencia de los materiales y de los recursos, la región también cuenta con instrumentos mesopolíticos ejemplares. Para aumentar la eficiencia de los materiales y de los recursos de las pyme, RNW cuenta con más de 10 años de experiencia. La Agencia de Eficiencia Regional de RNW (*Effizienz-Agentur NRW*, EFA) está ofreciendo servicios de consultoría efectivos y destacados. Ha creado una serie de herramientas para mejorar la contabilidad de los costes de los materiales, los productos, así como la financiación de medidas de eficiencia en las empresas. Esto complementa las actividades a nivel nacional para las que la Agencia de Eficiencia de Materiales alemana (*Deutsche Material Effizienz Agentur*, DEMEA) proporciona dos programas básicos. En primer lugar, el programa NeMat, que apoya la interrelación de las empresas para consolidar su posición competitiva basándose en la mejora cooperativa de la eficiencia de materiales. En segundo lugar, el programa VerMat, que apoya la mejora del rendimiento de las empresas gracias al servicio de un grupo de consultores. Pero las medidas sólo afectan a un pequeño número de empresas y no están desarrolladas de manera que puedan cambiar considerablemente los modelos de producción.

Con relación a la competencia estratégica de la gestión circular de materiales, la región sufre grandes problemas en la gestión municipal de residuos. La gran capacidad de incineración y las insuficientes estructuras de gobernanza alimentarán el

interés estructural por una elevada producción de materiales. El tratamiento del agua y de los residuos son los mayores mercados para los servicios y tecnologías medioambientales. Algunos de los principales operadores nacionales de estos sectores se encuentran en RNW.

Mientras prevalezca el enfoque de «final de tubería» sobre el mercado global de los productos y servicios medioambientales, estos sectores seguirán estando bien posicionados y se mantendrán competitivos. Sin embargo, puede producirse un giro fundamental hacia perspectivas más integradas y preventivas. Esto también supondrá un reto para las ecoindustrias tradicionales. En la gestión de residuos, por ejemplo, las Estrategias Temáticas sobre prevención y reciclado de residuos y sobre el uso sostenible de los recursos naturales de la Comisión Europea combinadas con el Plan de Acción de la UE sobre eco-innovación reflejan los primeros pasos que se están dando hacia la desmaterialización, la eficiencia de los recursos y la prevención de la acumulación de residuos. Los modelos sistémicos emergentes de Eco-innovación (UE), Gestión Sostenible de los Materiales (EE.UU.) y Economía Circular (China) tienen el potencial de cambiar radicalmente la demanda en la industria de los servicios y productos medioambientales.

6. EL 'CLUSTER' DE LA TECNOLOGÍA MEDIOAMBIENTAL DE RNW

Para seguir promoviendo las ecoindustrias, el gobierno de RNW ha creado un *cluster* coordinador de las tecnologías medioambientales (Umwelttechnologien. NRW). Dicho *cluster* funciona bajo la tutela

del Ministerio de Medio Ambiente y Conservación, Agricultura y Protección del Consumidor de Renania del Norte-Westfalia. Tiene como objetivos la innovación tecnológica, crear una identidad para el sector y mejorar desde RNW las condiciones del mercado internacional en materia de tecnologías medioambientales en las siguientes áreas:

- Agua y aguas residuales.
- Eliminación de residuos.
- Aire limpio.
- Descontaminación del suelo.
- Tecnología de control y medición.
- Productos ecológicos.
- Eficiencia de los recursos.

Para aumentar el carácter innovador de los sectores, la dirección de este *cluster* quiere promover tecnologías creando asociaciones entre los investigadores, las empresas y los inversores para iniciar proyectos. Ofrece una plataforma y una base de datos para más de 3.500 empresas de RNW y eventos destinados a grupos específicos. Además, el *cluster* quiere apoyar proyectos de promoción y *marketing* del *cluster* de tecnología medioambiental de RNW. Tanto la investigación en energía como la tecnología energética están organizadas por su propio *cluster* de gestión. Otros sectores medioambientales relevantes como la industria de automoción y la industria química también cuentan con una gestión propia del *cluster*. Por tanto, el *cluster* de tecnología medioambiental sólo representa una parte de la industria medioambiental de productos y servicios. En vista del gran interés público por la protección del clima, ésta es una contradicción evidente del concepto de *cluster* de tecnología medioambiental de RNW, que solo puede explicarse por las diferentes competencias políticas del mi-

nisterio de medio ambiente y del ministerio responsable de la política energética. Todavía está por ver cómo se encargará el gobierno de RNW de las actividades industriales intersectoriales y entre los diferentes *cluster*. La gestión intersectorial de los materiales y la energía constituye, concretamente, un gran reto para la política industrial en general y no puede abordarse con modelos políticos y sectoriales aislados.

7. RESUMEN Y CONCLUSIONES

RNW está viviendo un período de transición, en el cual está pasando de ser una región con una industria pesada y una contaminación medioambiental extrema hacia una región caracterizada por un cambio estructural y con una ecoindustria dinámica y competitiva. Durante la segunda mitad del siglo XX, había un amplio consenso en la sociedad alemana en torno al hecho de que las condiciones de vida en la región del Ruhr habían sido inaceptables y cómo era necesario realizar inversiones para la mejora del medio ambiente. Los objetivos políticos ambiciosos («Cielos azules sobre el Ruhr») y los requisitos legales vinculantes para el control de la contaminación han favorecido el desarrollo tecnológico de soluciones de «final de tubería».

La comprensión y acción políticas llegaron en un momento en que la región del Ruhr se encontraba en un proceso de cambio estructural. La disminución de industrias pesadas (carbón y acero) reducía el impacto de la región sobre el medio ambiente y brindaba la oportunidad de desarrollar un perfil moderno y ecológico de RNW.

Aunque la industria de productos y servicios medioambientales ha pasado a ser impulsora del crecimiento y el empleo de RNW, sigue siendo difícil seguir los progresos de este tipo de industria. Por un lado, el gobierno de RNW apenas publica datos sobre la industria medioambiental, una de las más dinámicas de la región. Por otro lado, aún resulta complicado definir la ecoindustria porque representa una industria intersectorial que está estadísticamente integrada en el conjunto de la actividad de otros sectores («paradoja de la integración»).

Ante la falta de informes y estadísticas regionales publicados y actualizados sobre el desarrollo de la ecoindustria en RNW, resulta difícil evaluar sus efectos a nivel macro. Además, su naturaleza heterogénea solo permite realizar conclusiones muy generales. Por tanto, el mejor nivel para describir la política de la industria ecológica de RNW es el nivel meso. En este artículo, se ha pretendido arrojar luz sobre las meso-políticas ecológicas de RNW en dos sectores estratégicamente importantes: el sector de la eficiencia energética y las energías renovables y el sector de la gestión municipal de residuos. No pretende ser representativo del sector regional de la energía y los residuos en su conjunto ni reflejar la calidad de las políticas de energía y residuos de RNW. Más bien demuestra que, en estas dos áreas concretas, las características y gobernanza de las mesoestructuras son decisivas para las políticas de industria ecológica.

Las mesoestructuras suelen subestimarse para la promoción de la eco-innovación tanto desde una perspectiva microeconómica a nivel de la empresa, como desde una perspectiva de carácter más amplio, teniendo en cuenta principalmente

los factores macroeconómicos o las macropolíticos (p. ej., Jänicke, 2008; Jänicke y Zieschank, 2008; Bleischwitz, 2007; y Bleischwitz *et al.*, 2009). El nivel meso no suele carecer de una descripción suficiente. Por ejemplo, en un importante estudio sobre la ecoindustria en la UE, Ernst y Young (2006) identificaban cinco principales *drivers* de la industria medioambiental:

- El cumplimiento de los requisitos legales de la UE y los Estados miembros y de objetivos políticos como los estándares de calidad del agua o los ratios mínimos de producción de energía renovable.
- El desarrollo de tecnologías y de nuevas soluciones o segmentos de mercado emergentes como el control de nuevos contaminantes o la recuperación de antiguas zonas industriales de las ciudades.
- Incentivos de mercado para permitir la competitividad de las industrias medioambientales en comparación con las industrias convencionales como la fijación justa de precios basada en la internalización de las externalidades medioambientales.
- Disponibilidad de financiación pública para inversiones cofinanciadoras de la industria medioambiental.
- Concienciación de los consumidores sobre el carácter especial de los productos y tecnologías medioambientales, su existencia y sus beneficios para el consumidor.

Probablemente, Ernst y Young tienen razón cuando concluyen que «el cumplimiento de los objetivos políticos y los re-

quisitos legales establecidos por las autoridades nacionales y comunitarias será el principal motor del crecimiento de la ecoindustria en un futuro próximo» (Ernst y Young, 2006; p. 48). No obstante, no reconocen la capacidad de los *stakeholders* de la industria, la ciencia y la política para responder a los objetivos políticos y los requisitos legales mediante innovaciones; tampoco tienen en cuenta su habilidad para asimilar fondos públicos de financiación y esquemas de cofinanciación como prerequisito para establecer una política estructural y de la ecoindustria. Si el cumplimiento de los objetivos de la política medioambiental y los requisitos legales se «importan» de niveles de gobernanza superiores de la UE, el *aquis communis* se basará principalmente en tecnologías y conocimientos importados, y apoyará a la larga las ecoindustrias y el empleo en Estados miembros exportadores y tradicionalmente sólidos como Francia y Alemania. Se perdería la oportunidad de marcarse objetivos políticos ambiciosos para apoyar el desarrollo regional. Por tanto, hay que elaborar mesopolíticas que permitan a los responsables políticos, actores económicos y del ámbito de IDT (investigación y desarrollo tecnológico) adoptar una política medioambiental para desarrollar su propio perfil ecoindustrial regional. De este modo, un impulsor de mercado clave para la eco-innovación a nivel regional será la capacidad de colaboración entre responsables políticos, administraciones públicas y actores económicos, así como en los ámbitos de la educación, la investigación y el desarrollo tecnológico. Etzkowitz y Leydesdorff (2000) han ideado algunos modelos de dicha política industrial en la que se genera una triple hélice entre la ciencia, la política y el mercado. Podrían contextualizarse en un marco más amplio

de competitividad sistémica (Meyer-Stamer, 2009; Meyer-Stamer *et al.*, 2004) y de gestión de la transición (Kemp y Loorbach, 2006). La combinación de estas perspec-

tivas para diseñar políticas modernas en materia de industria ecológica ofrecería un escenario prometedor para el desarrollo regional sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGER, R. (2008): *Green Tech made in Germany. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland*. München: Vahlen.
- BLEISCHWITZ, R. (ed.) (2007): *Corporate governance of sustainability: a co-evolution view on resource management*. ESRI Studies Series on the environment. Cheltenham *et al.*: Edward Elgar Publisher.
- BLEISCHWITZ, R., GILJUM, S., KUNDT, M. y SCHMIDT-BLEEK, F. *et al.* (2008): *Eco-innovation. Putting the EU on the path to a resource and energy efficient economy*. Disponible en: http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/ws38.pdf.
- BMU, BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2009): *Umweltwirtschaftsbericht 2009*. Disponible en: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/umweltwirtschaftsbericht_2009_kurz.pdf.
- BRÜGGEMEIER, F.-J., TH. ROMMELSPACHER: *Blauer Himmel über der Ruhr. Geschichte der Umwelt im Ruhrgebiet 1840-1990*. Essen: Klartext.
- ECOTEC (2002): *Analysis of the EU Eco-Industries, their Employment and Export Potential*. N.º de contrato: C1961. Ref: 11/04/02. Bruselas: Dirección General de Medio Ambiente.
- ERNST y YOUNG (2006): *Eco-industry, its size, employment, perspectives and barriers to growth in an enlarged EU*. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/enveco/eco_industry/pdf/ecoindustry2006.pdf.
- ETZKOWITZ, H. y L. LEYDESDORFF (2000): «The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-government relations». *Research Policy*, 29, 109-123.
- ESSER, K., W. HILLEBRAND, D. MESSNER, y J. MEYER-STAMER (1994): «Systemische Wettbewerbsfähigkeit: Neue Anforderungen an Unternehmen und Politik». *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung*, 64, 186-199.
- FES, FRIEDRICH-EBERT-STIFTUNG (1999): «Strukturwandel, Tertiärisierung, Entwicklungspotentiale und Strukturpolitik». *Wirtschaftspolitische Diskurse Nr. 130*. Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- KEMP, R. y D. LOORBACH (2006): «Transition Management: a reflexive governance approach». En: Voß, J.-P., D. Bauknecht, R. Kemp (ed.): *Reflexive Governance for Sustainable Development*. Cheltenham: Edward Elgar.
- KNI, KLAUS NOVY INSTITUT (1998): *Umweltschutzwirtschaft in NRW. Strukturen, Beschäftigungspotentiale und Qualifizierungsbedarf*. Düsseldorf.
- MEYER-STAMER, J. (2001): «Was ist Meso? Systemische Wettbewerbsfähigkeit. Analyseraster, Benchmarkingtool und Handlungsrahmen». *INEF Report Nr. 55*. Duisburg. Disponible en: <http://inef.uni-due.de/cms/files/report55.pdf>.
- MEYER-STAMER, J., C. MAGGI Y M. GIESE (ed.) (2004): *Die Strukturkrise der Strukturpolitik. Tendenzen der Mesopolitik in Nordrhein-Westfalen*, Wiesbaden.
- MWMEV, MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND MITTELSTAND, ENERGIE UND VERKEHR DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2001): «Handlungsfelder und Maßnahmen der Klimaschutzpolitik in Nordrhein-Westfalen». Düsseldorf: Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen.
- NORDHAUSE-JANZ, J., D. REHFELD (1995): *Umweltschutz „Made in NRW“. Eine empirische Untersuchung der Umweltschutzwirtschaft in Nordrhein-Westfalen*. München: Rainer Hampp Verlag.
- REHFELD, D., PH. SCHEPELMANN (2007): «Wachstumsbranche Umweltwirtschaft». En: Reutter, Oscar (ed.): *Ressourceneffizienz-der neue Reichtum der*

Städte: *Impulse für eine zukunftsähnige Kommune*. München: Oekom Verlag, 234-241.

SCHEPELMANN, PH. (2005): *Die ökologische Wende der EU-Regionalpolitik. Die regionale Resonanz von umweltpolitischen Indikatoren des Lissabon-*

Prozesses der Europäischen Union. Hamburgo: Dr. Kovac.

UNTERSUCHUNGSSTAB ANTIKORRUPTION (2003): *Abschlussbericht*. Düsseldorf: Innenministerium NRW.

Criterios ‘Cradle to Cradle’ para el entorno construido

182

El método Cradle to Cradle establece un nuevo paradigma que permite un rediseño del entorno construido. Implica una filosofía, unos principios cuantificables así como una herramienta de implementación; todos ellos conforman una plataforma de innovación para la mejora de la calidad de los materiales, la energía y la biodiversidad. Esta plataforma genera beneficios sociales, económicos y eco-efectivos, conceptos que superan la perspectiva de la sostenibilidad centrada en el uso eco-eficiente para minimizar los impactos medioambientales. El método Cradle to Cradle es bien conocido gracias a los trabajos publicados anteriormente, si bien la mayoría de los profesionales implicados en la edificación aún no están acostumbrados a la puesta en práctica de este tipo de principios. Este artículo, por una parte, presenta la filosofía y traduce los tres principios básicos Cradle to Cradle a criterios que pueden ser aplicados y evaluados cuantitativamente. Por otra parte describe los criterios de implementación, lo que permite una integración innovadora de herramientas de aplicación para actividades financieras, de contratación y diseño. Al mismo tiempo se aportan definiciones en el ámbito de la energía Cradle to Cradle, relacionadas con los gases de efecto invernadero.

Cradle to Cradle metodoak beste paradigma bat ezartzen du, eraikitako ingurua berriro diseinatzeko aukera ematen duena. Berekin dakartza filosofia bat, kuantifikatzeko moduko printzipio batzuk, eta implementazio-tresna bat. Horiek guztiak materialen kalitatea, energia eta biodibertsitatea hobetzeko berrikuntza-plataforma bat eratzen dute. Plataforma horrek onurak eragiten ditu gizarteari, ekonomiari eta eko-eraginkortasunari dagokienez, eta kontzeptu horiek gainditu egiten dute ingurumenaren gainerako eraginak txikiagotzeko erabilera eko-eraginkorrean oinarritzen den iraunkortasunaren ikuspegia. Cradle to Cradle metodoa oso ezaguna da aurretiaz argitaratutako lanei esker, baina eraikuntzan parte hartzen duten profesional gehienak oraindik ez daude ohituta horrelako printzipioak ezartzen. Artikulu honek, alde batetik, filosofia aurkezu eta Cradle to Cradle metodoaren oinarrizko hiru printzipioak azaltzen ditu, modu kuantitatiboan ebalua eta aplika daitezkeen irizpideen bitartez. Beste alde batetik, implementazio-irizpideak deskribatzen ditu eta, horrela, finantza-, kontratacio- eta diseinu-jardueretan aplika daitezkeen tresnak modu berritzalean integratzeko aukera ematen du. Halaber, definizioak ematen dira Cradle to Cradle energiaren eremuan, berotegi-efektuko gasekin (BEG) lotuta.

The positive agenda of Cradle to Cradle establishes a new paradigm for redesigning in the built environment. Cradle to Cradle consists of a philosophy, quantifiable principles, and implementation tools that together comprise an innovation platform for enhancing the quality of materials, energy and biodiversity. This platform generates social, economic and eco-effective benefits, which go beyond the conventional sustainability approach of using eco-efficiency to minimize environmental impacts. Cradle to Cradle is well known through earlier published works but most practitioners in the built environment are still unfamiliar with how to apply its principles. The framework here provides an introduction to the philosophy then translates the three basic Cradle to Cradle principles into criteria that can be quantifiably applied and evaluated. It further describes implementation criteria, which allow the innovative integration of defined financial, contract, and design application tools. Definitions of Cradle to Cradle energy in relation to climate change gases are also provided.

ÍNDICE

1. Introducción
2. Definición. ¿Qué es una construcción ‘Cradle to Cradle’?
3. Los criterios principales
4. Criterios de implementación
5. Energía en un edificio C2C

Palabras clave: innovación, *Cradle to Cradle*, eco-efectividad, principios de diseño, garantía de calidad.

Keywords: innovation, cradle to cradle, eco-effectiveness, design criteria, quality guarantee.

N.º de clasificación JEL: Q53, Q57, L74.

1. INTRODUCCIÓN

La postura tradicional de los gobiernos y la industria ha sido la de reducir el impacto medioambiental de sus actividades haciendo sus productos «menos malos» desde la perspectiva de la cuna a la tumba (*Cradle to Grave*, en inglés). A pesar de las declaraciones sobre la importancia de ser «sostenible», los directivos suelen considerar que esta postura implica costes adicionales para los *stakeholders* y que no se logran muchos beneficios cuantificables. Para ser sinceros, la sostenibilidad es una realidad necesaria pero costosa.

Sin embargo, el protocolo de diseño *Cradle to Cradle* (de la cuna a la cuna) ha adoptado una perspectiva esencialmente diferente que genera beneficios para los *stakeholders* ya que va más allá de la «tumba» y de las interpretaciones tradicionales sobre el medio ambiente.

Cradle to Cradle (C2C)¹ es una plataforma de innovación mediante el cambio de paradigma que fue desarrollado en la década de los noventa por Michael Braungart, William McDonough *et al.*, basándose en investigaciones realizadas en la Agencia para el Fomento de la Protección Ambien-

* Agradecimientos: Parte del trabajo realizado para esta publicación ha sido desarrollado en colaboración con la Cátedra «Cradle to Cradle» de la Universidad Erasmus, DRIFT, de Rotterdam (Holanda). El apartado sobre la energía resume ciertos aspectos del original no publicado «EPEA policy paper on Cradle to Cradle and Energy v. 2.0». Muchos conceptos descritos aquí se basan en trabajos anteriores de Michael Braungart, William McDonough, y sus colaboradores.

¹ *Cradle to Cradle. Remaking the Way We Make Things.* William McDonough y Michael Braungart, North Point Press, Nueva York, 2002.

Más información sobre los metabolismos de la Biosfera y la Tecnosfera en el Apartado 3.1 de Michael Braungart *et al.*, «Cradle-to-Cradle design: creating healthy emissions - a strategy for eco-effective product and system design», *Journal of Cleaner Production* (2006), doi:10.1016/j.jclepro.2006.08.003.

tal de Hamburgo (Alemania), con el fin de incorporar características económicas, sociales y medioambientales beneficiosas en los productos, procesos y sistemas. *Cradle to Cradle* es, principalmente, un concepto empresarial y de innovación cuyo punto de partida es determinar los beneficios deseados de un producto o servicio en lugar de centrarse en reducir los impactos medioambientales negativos.

Para aumentar la calidad y añadir valor para los *stakeholders*, C2C promueve las asociaciones basadas en la innovación en toda la cadena de valor de un producto, es decir, la fabricación, la distribución, el uso, la deconstrucción, la recuperación y la reutilización.

Al caracterizar cientos de productos y miles de materiales por sus atributos de salud para el ser humano y para el medio ambiente, y al definir sistemas para integrar materiales de manera segura y completa en nuevos productos, C2C ya ha proporcionado un modelo científico y empresarial práctico, y al mismo tiempo inspirador, para mejorar la calidad.

Este modelo de innovación y valor convierte a C2C en un elemento potencialmente atractivo para planificadores, constructores y fabricantes que puede integrarse en productos, procesos, edificios, sistemas de recuperación de materiales, y en las adquisiciones.

En el presente artículo, no se describe exhaustivamente el protocolo de diseño C2C básico porque ya ha sido descrito en otras publicaciones y documentales publicados y emitidos desde la década de los noventa. El libro *Cradle to Cradle*² es

² *Cradle to Cradle. Remaking the Way We Make Things*. William McDonough y Michael Braungart, North Point Press, Nueva York, 2002.

muy conocido y ha sido traducido, al menos, a una docena de idiomas. El protocolo C2C de Certificación de productos está publicado en las páginas web EPEA.com y MBDC.com.

Sin embargo, muchos planificadores aún no saben cómo integrar las características de C2C en un entorno construido. Cuando nos encontramos con expresiones conocidas como «materiales seguros» y «diversidad de especies», existe la tendencia de responder: «sí, ya lo hacemos». Pero, en la mayoría de los edificios y emplazamientos, esto no se hace. Los métodos no están todavía bien consolidados para diseñar obras que contengan materiales concretos o que no perjudiquen a las especies.

Entre 2008 y 2010, creció el número de planificadores, arquitectos e ingenieros que introdujeron los conceptos C2C en la planificación y la construcción. Una de las prioridades de las agencias estatales es traducir el concepto C2C en la renovación y la nueva construcción de edificios. Estas solicitudes han dado lugar a los criterios *Cradle to Cradle* para el entorno construido.

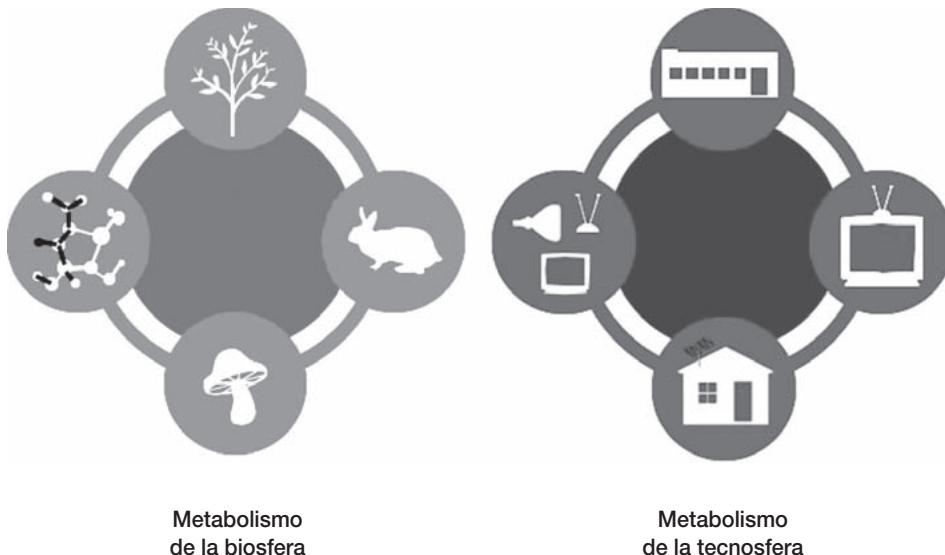
Para empezar, por tanto, es importante describir los criterios C2C básicos para edificios y cómo los planificadores, arquitectos e ingenieros pueden aplicar y medir dichos criterios.

2. DEFINICIÓN.

¿QUÉ ES UNA CONSTRUCCIÓN ‘CRADLE TO CRADLE’?

A partir de la década de 1990, se establecieron varias directrices para aplicar el concepto C2C en el medio ambiente construido y para ello se publicaron declaraciones como los Principios de Hannover y,

Gráfico n.º 1



Fuente: Elaboración propia.

más recientemente, los Principios *Floriade Venlo* y los Principios *Almere* en Holanda.

Sin embargo, estos extensos documentos sólo son efectivos si pueden traducirse en resultados medibles. El primer paso para conseguirlo es estudiar y aplicar los tres principios *Cradle to Cradle* determinantes:

- *Residuos = Alimentos.* Todo es un nutriente para otro elemento.
- *Utilizar la radiación solar incidente.* Energía que puede renovarse a medida que se utiliza.
- *Celebrar la diversidad.* Diversidad de especies, de culturas y de innovación.

Estos principios definen y respaldan dos tipos de metabolismo para todo producto y proceso: los metabolismos de la Biosfera enfocados a productos diseñados para favorecer procesos biológicos, y los metabolismos de la Tecnosfera, focalizados en productos diseñados para proporcionar un servicio técnico y cuyos materiales se reciclan de forma continua³.

Los tres principios integrados en los metabolismos de la Biosfera y la Tecnosfera

³ Más información sobre los metabolismos de la Biosfera y la Tecnosfera en el Apartado 3.1 de Michael Braungart *et al.*, «Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions - a strategy for eco-effective product and system design», *Journal of Cleaner Production* (2006), doi:10.1016/j.jclepro.2006.08.003.

constituyen el concepto especial *Cradle to Cradle*. Si los expertos tienen dudas sobre qué es *Cradle to Cradle*, siempre se pueden recuperar los tres principios y los dos metabolismos para comprender los fundamentos de este modelo C2C.

El marco y el protocolo de diseño C2C desarrollados por McDonough y Braungart definen con mayor exhaustividad estos principios y metabolismos. También describen cómo el modelo C2C aporta calidad y valor a los *stakeholders* implicados. A menudo el valor añadido y la calidad son elementos de distinción del modelo C2C frente a interpretaciones tradicionales de la sostenibilidad.

Todavía no se ha llegado a construir un edificio 100% *Cradle to Cradle* probablemente porque los protocolos y principios del modelo C2C se han desarrollado hace pocos años, a finales de los noventa. Este hecho es significativo sobre todo teniendo en cuenta que el sector de la construcción, es lento a la hora de adoptar cambios, por su carácter eminentemente conservador.

Sin embargo, ya es posible describir y construir un edificio que use las innovaciones indicadas por el modelo C2C, así como productos y materiales definidos por el mismo ya existentes en el mercado.

En este contexto, puede decirse, en líneas generales, que un edificio tiene una excelente oportunidad de lograr el C2C si cumple los tres principios C2C básicos y los metabolismos definidos por C2C. Estos pueden resumirse en la siguiente definición general: un edificio «*Cradle to Cradle*» contiene elementos medibles que añaden valor y celebra la innovación y el disfrute mejorando palpablemente la calidad de los materiales, la biodiversidad, el aire y el agua, empleando la radiación solar inci-

dente, siendo recicitable y desempeñando varias funciones prácticas que mejoren el bienestar de las partes interesadas.

Esta definición es de gran relevancia ya que puede aplicarse a diversos tipos de edificios, ya sean viviendas u oficinas, fábricas, estadios o centros sanitarios. Pero la definición también se puede aplicar a materiales y productos del interior de los edificios que pueden tener igual o mayor impacto que las propias estructuras.

En los siguientes apartados, se describen los criterios y herramientas para aplicar los Principios y la Definición del modelo C2C.

3. LOS CRITERIOS PRINCIPALES

Se trata de proporcionar a los planificadores unos criterios orientativos para diseñar un edificio con características C2C medibles. Lo que distingue a estos criterios como C2C es su pretensión de maximizar los impactos beneficiosos en lugar de limitarse a reducir los impactos negativos. Estos criterios principales no llevan ningún orden de prioridad aunque la fase «Determinar las intenciones» suele ser la primera del proceso.

3.1. Determinar las intenciones

El diseño es la primera señal de la intención humana. Determinar las intenciones acerca del edificio describiendo sus objetivos e hitos con relación a los tres principios *Cradle to Cradle* básicos, por ejemplo, dónde se quiere estar en una fecha determinada.

Ejemplo: ¿Quiere que el edificio aporte aire y agua más limpios que los de su en-

torno? ¿Quiere que el edificio pueda deconstruirse? ¿Quiere demostrar que los componentes de los materiales del edificio son seguros y están bien definidos?

3.2. Principio C2C. Todo es un nutriente para otro elemento

Definir materiales y sus usos previstos

- a) Utilizar materiales cuya calidad y contenido puedan definirse de forma medible en trayectorias técnicas o biológicas desde la fabricación al uso y la recuperación.
- b) Utilizar materiales cuyos impactos sean beneficiosos para la salud humana y el medio ambiente.

Ejemplos: Nuestro producto definido puede ser una silla cuyas piezas provienen de fuentes renovables conocidas o de materiales reciclados conocidos y cuya composición sea de 100 partes por millón. Además, estos materiales se demuestran seguros para el contacto con la piel y los pulmones del ser humano. También, podría desmontarse en materiales, cada uno de los cuales, a su vez, puede ser reciclado para utilizarse en otros productos o pueda descomponerse en nutrientes beneficiosos para los sistemas biológicos. Un componente «beneficioso» podría ser un componente añadido a revestimientos que permita que estos limpien el aire.

Integrar nutrientes biológicos

El objetivo es reciclar nutrientes biológicos y el agua integrando la producción de biomasa en los edificios, la creación de zonas verdes y planes espaciales para generar más biomasa, suelo y agua limpia que antes de que se iniciaran las obras.

Ejemplos: Nutrientes biológicos procedentes de aguas residuales domésticas biodigestión y la creación de zonas verdes interiores y exteriores. Paredes cubiertas de vegetación, purificadoras del aire y diseñadas para metabolizar contaminantes. «Techos verdes» que retienen la humedad, capturan el CO₂, metabolizan las partículas y emanan oxígeno. «Fabricación de tierra vegetal» que emplea la biodigestión y el compostaje para producir humus y capturar CO₂.

Mejorar la calidad del aire y del clima

- a) Se trata de mejorar palpablemente la calidad del aire del edificio con respecto al exterior beneficiando la salud de los metabolismos biológicos y que ofrezca un clima agradable para los ocupantes.
- b) Contribuir a la mejora del clima exterior aportando un aire más sano para los metabolismos biológicos y la gestión de los gases de efecto invernadero como recursos.

Ejemplo: a) La calidad del aire puede mejorar si se integran materiales C2C en los productos, como los marcos de las ventanas, suelos, materiales de las paredes, sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, revestimientos de paredes y suelos, plantas de interior y paredes cubiertas de vegetación, mobiliario, equipamiento de oficina e inhibidores de moho. b) La gestión del carbono activo se logra con vegetación y energía renovable. Los gases que provocan el cambio climático, como el metano y el CO₂, son recursos que pueden servir para producir biomasa. En apartados posteriores, se dará más información sobre la energía y el CO₂.

Mejorar la calidad del agua

Mejorar la calidad del agua con respecto a la proveniente del exterior para que resulte más sana para los metabolismos biológicos.

Ejemplo. Se puede mejorar la calidad del agua integrando sistemas de reciclaje de agua con reciclaje de nutrientes, captación y almacenamiento del agua de lluvia, plantas de interior y paredes cubiertas de vegetación. Se puede consultar también el apartado «Integrar nutrientes biológicos».

3.3. Principio C2C. Utilizar la radiación solar incidente

Integrar la energía renovable

Integrar la energía renovable (insumo gravitatorio y solar incidente) en los edificios y emplazamientos para que generen más energía de la que usan. Utilizar la exergía⁴ para lograr la eficiencia energética.

Ejemplos: Aprovechar el rendimiento energético para introducir energía renovable en lugar de reducir el consumo de combustible fósil, por ejemplo, los LED altamente eficientes y combinados con corriente directa procedente de células fotovoltaicas. Véase «Energía en un Edificio C2C».

⁴ Técnicamente, la exergía se define como la máxima cantidad de trabajo que puede extraerse teóricamente de un sistema y su entorno. Definida de otra forma, la exergía es la porción de energía que puede ser transformada en trabajo mecánico; la parte restante, sin utilidad práctica, recibe el nombre de energía o entropía. El análisis energético es una herramienta muy poderosa para optimizar la eficiencia de procesos y sistemas. Esto lleva a un menor consumo de recursos y a una menor emisión de contaminantes al ambiente.

3.4. Principio C2C. Celebrar la diversidad

Apoyar activamente la biodiversidad

Integrar una diversidad de especies medible para que el área pueda mantener más diversidad que antes de su construcción.

Ejemplos: La diversidad de especies se aplica a plantas, animales e insectos y se mide contando el número y variedades que puede mantener un edificio. El concepto de especies «naturales» o «autóctonas» debe evaluarse en cada caso porque, en muchas regiones, el entorno natural ha sido transformado por el hombre y podría resultar inviable devolverlo a su estado «natural» anterior.

Celebrar la diversidad conceptual con innovación

La diversidad conceptual puede demostrarse de forma medible si nos centramos en características beneficiosas especiales de un edificio e integramos componentes innovadores que son beneficiosos para el bienestar de sus ocupantes y para el medio ambiente.

Ejemplo: La diversidad conceptual puede cuantificarse midiendo cómo aumentan las innovaciones; la variedad y predominio de los materiales definidos por C2C de un edificio, el porcentaje de energía utilizada que es renovable según las definiciones de C2C, y la cantidad de aire, agua, tierra vegetal y biodiversidad beneficiosos y que se aportan al medio ambiente exterior. La perspectiva «Edificios como árboles» es un enfoque innovador de C2C orientativo. Parte de esto puede lograrse mediante el *biomimetismo*, por ejemplo, con revestimientos que metabolizan contaminantes. La *Integración de sistemas*, que combina

tales mejoras, también puede considerarse como una innovación C2C.

3.5. Criterios de valor para los 'stakeholders'

Estos criterios han sido ideados para garantizar que el concepto C2C aporte valor y beneficios a los *stakeholders* en lugar de beneficiar únicamente a la población o el entorno general. Es esencial beneficiar a las partes interesadas para que el concepto C2C resulte práctico tanto para propietarios como para trabajadores y ocupantes del edificio.

Añadir valor y mejorar la calidad para las partes interesadas

Describir qué aportan en la práctica las características C2C de un edificio a los usuarios.

Ejemplo: Un aire interior más limpio aumenta la productividad. El reciclaje del agua reduce las tarifas del agua. La fotovoltaica integrada en el edificio puede ser menos costosa que otros revestimientos y además proporciona seguridad energética en regiones donde el suministro energético es irregular. El diseño para desmontar sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado permite una sustitución poco costosa durante la vida útil del edificio. La iluminación natural reduce los costes energéticos.

Mejorar el bienestar y el disfrute de las partes interesadas

El disfrute forma parte de un edificio C2C porque el concepto C2C no conoce la fealdad ni la ausencia del propio disfrute. Al implementar cada uno de los criterios básicos, el edificio C2C aumenta el disfrute al

mejorar el bienestar de sus ocupantes. Las características espaciales y estéticas, que son menos cuantificables, también aumentan el bienestar y favorecen la diversidad demostrando lo bien que un edificio puede atender a las necesidades de las diversas partes interesadas.

Ejemplos: Reservar áreas seguras para los niños. Crear áreas de reunión accesibles. Proporcionar fácil acceso al exterior y al aire libre.

4. CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN⁵

La importancia de la integración. Las herramientas descritas aquí sirven para mejorar y acelerar la implementación de los criterios C2C básicos. Algunas de estas herramientas se utilizan en otros sistemas de edificios y no suelen ser exclusivas del concepto C2C. Lo que las convierte en C2C exclusivamente es su integración más que ningún otro factor.

4.1. Hacer un inventario

Saber lo que ya se tiene. Antes de realizar una obra de construcción o restauración, se recomienda hacer un inventario con las partes interesadas para determinar qué características C2C ya están presentes

⁵ *Descargo de responsabilidad:* Estos criterios han sido diseñados como herramienta básica para que los planificadores, arquitectos y otros profesionales de la construcción apliquen el concepto *Cradle to Cradle*® en el medio ambiente construido, especialmente en los edificios y en los materiales y productos que se utilizan para aquellos. Los criterios pueden utilizarse como directrices de planificación y como especificaciones pero no está previsto su uso como tales especificaciones. Es importante que los profesionales de la construcción determinen las características técnicas y las restricciones reguladoras asociadas a cada emplazamiento de obra antes de aplicar estos criterios.

y qué desean conservar los *stakeholders*, especialmente en el caso de las rehabilitaciones.

4.2. Integración

Integrar innovaciones financieras

Para maximizar los beneficios C2C, se pueden aplicar innovaciones financieras que integren los gastos de explotación y de capital.

Ejemplos: coste total de la financiación de la propiedad, acuerdos de compra de energía y de «energía a la red»; y conceptos de servicio para productos.

Integrar asociaciones de innovación

Asociarse con organizaciones que cuenten con experiencia en C2C, creando especialmente asociaciones de la cadena de suministro. Para aumentar la innovación, conviene mejorar ejemplos que ya existen en el mercado. Así, se evita «reinventar la rueda».

Ejemplos: Muchas empresas ya han desarrollado productos C2C en el medio ambiente construido, desde revestimientos a alfombras, aislamiento, mobiliario y materiales estructurales.

Integrar a diversos contratistas con experiencia en C2C

El promotor recurre a los contratistas y proveedores que emplean métodos y materiales C2C.

Ejemplos: Algunas empresas de ingeniería y estudios de arquitectura reciben formación en C2C. Algunas empresas ya proporcionan productos definidos por C2C.

Hay expertos en materiales C2C disponibles.

Integrar sistemas y herramientas de aplicación

Cada uno de los criterios descritos aquí puede cumplirse con mayor eficacia si se integran sistemas, componentes y herramientas de aplicación C2C. El nivel de integración de sistemas puede determinar el éxito del concepto C2C en un edificio.

Ejemplos de integración de sistemas: Mejorar la calidad de la biodiversidad, el aire y el agua, integrar los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado con revestimientos definidos por C2C, mobiliario, revestimientos de suelos y paredes, y plantas que metabolicen los contaminantes.

Ejemplos de herramientas de aplicación C2C (por orden alfabético);

- *Cualidades activamente beneficiosas*, por ejemplo, revestimientos que limpian el aire.
- *Reciclaje de productos determinados*. Consiste en desarrollar una clasificación, desmontaje y reciclaje especializados de materiales de alta calidad cuya recuperación independiente resulta más rentable que si fueran mezclados con otros flujos de materiales. Esto también permite el sobre-reciclaje de materiales.
- *Vías de utilización definidas*. Estas describen el uso de materiales desde el abastecimiento a la fabricación, utilización, eliminación y reutilización, reciclaje o descomposición.

- *Periodos de uso definidos*. Muchos criterios «verdes» requieren que los productos sean «duraderos» a fin de

que su vida sea lo más larga posible. Sin embargo, esta perspectiva es contraproducente porque, cuando los productos duran más de lo óptimamente útil, sobreviven a tecnologías obsoletas, reducen los beneficios de los usuarios y generan pérdidas innecesarias de ingresos para el negocio. El enfoque «duradero» también puede dificultar la recuperación de materiales. Debido a esto, el concepto C2C hace hincapié en diseñar materiales o componentes según el periodo de uso previsto del producto para promover la recuperación práctica de materiales y así puedan ser utilizados en nuevos productos.

- *Diseño para montaje, desmontaje y logística de reciclaje.*
- *Agrupación de materiales.* Esto ocurre cuando varias industrias desarrollan un conjunto de materiales definidos para lograr una economía de escala, flexibilidad comercial y una mejor calidad.
- *Listas de componentes preferidos (Listas P)* Estas son listas de componentes definidos positivamente y que han sido diseñados para utilizarse en materiales según su uso definido en las trayectorias de la Biosfera o la Tecnosfera.

4.3. Integrar diversos usos con características que aplican criterios C2C

Para maximizar la eficiencia, el edificio y su ubicación ofrecen diversos usos funcionales y, al mismo tiempo, aportan energía y favorecen la biodiversidad y son beneficiosos para el clima, el agua y el aire.

Ejemplos de integración: integrar usos funcionales como el ocio, compras, restaurantes, fabricación y diseño modular con características C2C como la limpieza del aire y el agua y la producción de energía.

Integrar la luz natural con una suave luz artificial

Si resulta factible para el «uso previsto» del edificio, la luz natural se pone a disposición del máximo número de ocupantes y se integra con la luz artificial para ofrecer una calidad lumínica uniforme.

Ejemplo: tragaluces, transmisión de luz del día mediante fibra óptica, colocar los espacios de trabajo cerca de las ventanas. Respecto a la luz artificial .se pueden diseñar soluciones lumínicas innovadoras. Por ejemplo, sensores para adaptar la iluminación artificial a los cambios de la luz natural, o una iluminación interior indirecta que no deslumbre. También se puede utilizar iluminación exterior de espectro verde en las rutas migratorias.

4.4. Integrar la movilidad sana con la energía renovable

Promover el uso de radiación solar incidente para la movilidad en el transporte a, desde y dentro del área.

Ejemplos. Colaborar con fabricantes de vehículos para aplicar criterios C2C en el diseño para el desmontaje y en el uso de materiales que mejoren la calidad del aire interior del vehículo en aquellos dedicados al servicio del edificio. Proporcionar estaciones de carga de energía solar para los vehículos eléctricos.

Proteger a los ocupantes de riesgos medioambientales

- a) El edificio protege de forma palpable a los ocupantes frente a elementos adversos comunes tales como la contaminación acústica, amenazas biológicas como el moho y las plagas, precipitaciones y contaminación exterior.
- b) El edificio puede adaptarse a condiciones naturales extremas empleando tecnologías innovadoras para proteger a los ocupantes frente a situaciones extremas como terremotos, tornados, huracanes, tormentas de arena, inundaciones, calor, frío y radiaciones.

Tener en cuenta las opiniones estéticas de los stakeholders

Brindar a los ocupantes del edificio y a quienes lo contemplan la oportunidad de juzgar su belleza y atractivo para el disfrute. Para ello, tiene que involucrar a todos estos en el proceso de diseño.

Ejemplos. Aunque la estética resulta difícil de cuantificar, el hecho de implicar a las partes interesadas en el proceso puede realizarse mediante consultas, creando páginas Web interactivas y creando un espacio físico de participación donde los stakeholders puedan ver los planos del edificio.

5. ENERGÍA EN UN EDIFICIO C2C

Los edificios son los principales usuarios de energía y se están convirtiendo también en generadores de energía. Los criterios de edificación más convencionales se centran en reducir la cantidad de energía utilizada por un edificio. Sin embargo, el concepto «Cradle to Cradle» consiste en maximizar la

cantidad de energía que puede producir un edificio y, al mismo tiempo, en aprovechar la eficiencia para favorecer la introducción de energías renovables en lugar de limitarse a reducir el uso de energías no renovables.

Los criterios de edificación más convencionales en materia de energía pasan por alto los materiales. La energía es generada por los materiales. La generación y distribución de energía, los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado y los gases que propician el cambio climático provienen de materiales pero los modelos de edificación tradicionales no tienen en cuenta en qué consisten estos materiales, cómo afectan a los ocupantes y cómo pueden reciclarse.

La teoría «Cradle to Cradle» considera la energía básicamente como una cuestión de recursos materiales más que una cuestión de energía propiamente dicha. Esto introduce nuevas perspectivas como la integración de superficies de edificación en la generación y uso de energía. *Ejemplo.* Algunos edificios ahorran en gastos de inversión en energía integrando tejas fotovoltaicas en el exterior de los edificios. De esta manera, se mejora el tiempo de retorno energético porque las tejas solares sustituyen a las tejas normales.

5.1. Definición de energía C2C

La energía «Cradle to Cradle» (C2C) es la energía generada y aplicada eficientemente, empleando insumos gravitatorios o radiación solar incidente y medios materiales que se definen como nutrientes biológicos o técnicos. La valoración cualitativa y cuantitativa de la definición se realiza conjuntamente aplicando los siguientes criterios:

1. Fuentes de energía. Utilizar insumo gravitatorio o radiación solar incidente u otras fuentes de C2C definidas. Entre los ejemplos principales de uso, conversión y almacenamiento de radiación solar incidente se incluyen la luz natural, energía solar térmica, energía fotovoltaica, fotosíntesis, energía fotoquímica, energía de las olas y energía eólica, almacenamiento de masa térmica e intercambio de calor. Entre los usos solares secundarios, destacan la respiración, la energía derivada de la biomasa actualmente renovable a partir de compostaje, biodigestión, termólisis, hidrotermólisis, pirólisis, gasificación y pilas de combustible. Ejemplos de insumo gravitatorio: energía cinética derivada de la inercia o el peso; por ejemplo, descender por vías navegables.
2. Medios materiales. Para generar, convertir y utilizar energía, utilice materiales que contengan en cada fase nutrientes biológicos o técnicos definidos.
3. Eficiencia energética. Genere y utilice energía de forma eficiente, empleando la exergía para medir la eficiencia

5.2. Edificios y CO₂

Desde la perspectiva C2C, el dióxido de carbono es un recurso. Sorprendentemente, muchos métodos utilizados para calcular la «huella de carbono» de los edificios no contemplan el uso beneficioso del carbono por parte de la vegetación, por ejemplo.

Tradicionalmente, se ha puesto y se sigue poniendo énfasis en el gran impacto negativo de los edificios, que emiten CO₂ a la atmósfera. Sin embargo, desde la perspectiva C2C, el CO₂ es un recurso químico que forma parte de los procesos biológicos y bioquímicos. Si los edificios integran dichos procesos y se convierten en productores netos de energía renovable y en usuarios de materiales renovables, serán participantes beneficiosos del ciclo del CO₂, de forma similar a como ocurre con los árboles.

Ejemplos. La biodigestión, la producción de tierra vegetal para crear zonas verdes, los techos y paredes verdes y los depósitos de algas que utilizan el CO₂ como alimento, y la conversión térmica solar son más eficientes que muchas tecnologías de calentamiento de agua. Estos elementos pueden integrarse para desarrollar una huella de CO₂ beneficiosa.

La industria vasca en la era post-carbono: la transición hacia la competitividad sostenible

194

La mitigación del cambio climático (CC) y la respuesta ante la posible escasez energética (EE) son dos importantes factores que apuntalan la necesidad de un cambio en el concepto de «competitividad hacia la sostenibilidad». La problemática que encierran las hipótesis de CC y EE ofrecen una oportunidad a las empresas para dar un salto en su competitividad, más que un mero coste económico y social. Tanto las políticas de última generación establecidas desde Kioto relacionados con el medio ambiente así como la llamada *hipótesis de Porter* otorgan un papel central a la innovación como pilar de la competitividad sostenible. Este artículo reflexiona sobre las debilidades y fortalezas que presenta la industria vasca ante una economía baja en carbono. Del mismo modo, se presentan algunas de las políticas más notables emprendidas por la Administración vasca.

Klima-aldaketa arintza eta egon litekeen energia-eskasiaren aurreko erantzuna «iraunkortasuneko lehiakortasuna» kontzeptua aldatzeko beharra eusten duten bi faktore garrantzitsu dira. Aldaketa-klimatikoaren eta energia-eskasiaren hipotesiek lehiakortasunean aldaketa bat izateko aukera eskaintzen diente enpresei, ekonomia- eta gizarte-kostu hutsa baino gehiago. Ingurumenarekin lotuta Kioto ezarritako azken belaunaldiko politikek eta Porter hipotesia izenekoak funtsezko zereginha ematen diote berrikuntzari, lehiakortasun iraunkorren oinarri gisa. Artikulu honetan euskal industriak karbono gutxi darabilen ekonomian dituen ahultasun eta sendotasunei buruzko hausnarketa egin da. Era berean, euskal administrazioak ekindako politika aipagarrienetako batzuk aurkeztu dira.

The mitigation of climate change (CC) and responding to potential energy shortage (ES) are two important factors that highlight the need for a change in the concept of «competition for sustainability». The problems entailed by CC and EE hypotheses provide firms with an opportunity to jump to a new level in competitiveness, rather than representing merely financial and social costs. The latest generation of policies established since Kyoto in regard to the environment and what has become known as the «Porter hypothesis» allocate a core role to innovation as a mainstay of sustainable competitiveness. This paper reflects on the strengths and weaknesses of Basque industry in the face of a low-carbon economy. Some of the most notable policies implemented by the Basque public authorities are also outlined.

Ricardo Aguado Muñoz

Universidad de Deusto y ORKESTRA-Instituto Vasco de Competitividad

Alberto Bonilla Etxebarria

Tecnalia-Medioambiente

Igone Ugalde Sánchez

Tecnalia-Sistemas de Innovación

195

ÍNDICE

1. Introducción
 2. La actividad económica en un entorno de cambio climático y escasez energética
 3. Políticas e instrumentos de cambio climático y de eco-innovación
 4. Competitividad sostenible: estrategia para las empresas en la era post-carbono
 5. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: competitividad sostenible, industria vasca, cambio climático, consumo energético, eco-innovación.

Keywords: sustainable competitiveness, Basque industry, climate change, energy consumption, eco-innovation.

N.º de clasificación JEL: O38, Q48, R5.

1. INTRODUCCIÓN

La continua explotación y agotamiento de los combustibles fósiles está generando una escasez energética (EE) así como importantes consecuencias en nuestro clima (CC) debido a las emisiones de gases de

efecto invernadero. Estos efectos constituyen dos de los principales componentes de la actual crisis ambiental a la que nos enfrentamos a escala global, regional y local, dada la fuerte interdependencia existente entre las economías.

Ambos problemas (EE y CC) están íntimamente relacionados tanto temporal como espacialmente. De ahí que, desde la óptica de la sostenibilidad global y la competitividad de las economías regionales, uno de los principales retos a los que se enfrenta la economía por su dependencia e impacto sobre el medio ambiente, sea lograr una gestión de los recursos naturales acorde con los límites que el medio am-

* Este artículo se basa en algunas de las conclusiones provisionales obtenidas por el consorcio de investigación eCo-BERRI, en el proyecto estratégico de investigación financiado por el Gobierno vasco, cuyo objetivo es el desarrollo de la eco-innovación al servicio de la competitividad sostenible: en particular en la parte del mismo que hace referencia al estudio de «La Transición de la Industria Vasca hacia una Economía Post-Carbono» que está aún en ejecución.

biente impone, tanto en lo que se refiere a la provisión de recursos naturales (materias primas, recursos energéticos, etc.) como de servicios ecológicos (p.e., regulación del clima). Las sociedades desarrolladas actuales se enfrentan a la necesidad de realizar una serie de transformaciones tanto sociales como económicas que tendrán efectos en el desarrollo de las mismas; y en consecuencia el País Vasco se verá afectado en mayor o menor medida por estas circunstancias. Para analizar el grado de vulnerabilidad del País Vasco ante estos hechos resulta fundamental estudiar y analizar la vinculación existente entre uso de energía y generación de emisiones, y actividad económica, un trabajo éste que se está desarrollando en la actualidad en el marco del proyecto eCo-BERRI¹. A partir de aquí se estará en condiciones de constituir unas primeras bases que permitan la identificación de las transformaciones necesarias para adaptarnos a un nuevo modelo de sociedad post-carbono.

Las investigaciones que desde la década de los ochenta se venían haciendo sobre la sostenibilidad del modelo económico imperante a nivel mundial, ponían de manifiesto la difícil sostenibilidad del mismo (Brundtland, 1987) (WCED, 1987). Esta preocupación se unía a otra, que ha recibido más atención en la literatura y en el diseño de la política pública, sobre la competitividad de las empresas y territorios, especialmente en la Unión Europea. De hecho, en la década de los noventa, la pérdida de competitividad de la industria europea frente a los EE.UU. y Japón fue objeto permanente de preocupación de las instituciones comu-

nitarias (CE, 1994 y 1999), preocupación que finalmente llevó al establecimiento de la Agenda de Lisboa, que pretendía convertir a la Unión Europea en el territorio más competitivo del mundo (CE, 2004).

A partir de 1990, numerosos autores comenzaron a estudiar las fuentes de la ventaja competitiva y las causas por las que unas regiones o países son más competitivos que otros, destacando por su impacto internacional los realizados por el equipo de Michael Porter. (Porter, 1990) (Porter y Van de Linde, 1995) (Porter *et al.*, 1995). Análogamente, esta preocupación por la competitividad ha tenido reflejo en estudios aplicados a la CAPV (IVC-Orkestra, 2008) (Wilson, 2008) (Martínez y Aguado, 2009).

También en los años noventa, la nueva generación de políticas medioambientales y energéticas que se establecen desde Kioto, en torno al CC y a la EE, hacen necesario el establecimiento del concepto de competitividad sostenible; dado que estas políticas contribuyen, mediante el impulso de la innovación tecnológica, a la superación de la perspectiva convencional que concibe el medio ambiente como un mero coste y no como una oportunidad. De hecho hay autores que relacionan la eco-innovación con el establecimiento de rentas verdes asociadas al medio ambiente (Andersen, 2007).

Por todo ello se considera que el modelo competitivo que no sea sostenible en lo ambiental, acabará por dejar de tener vigencia, ya que dificultaría gravemente el desarrollo de la vida en el planeta (contaminación ambiental) o acabaría agotando rápidamente las materias primas necesarias para la producción (escasez de recursos). Si el modelo no es sostenible socialmente (genera altas tasas de paro, imposibilita la conciliación de la vida laboral y familiar, ge-

¹ Proyecto estratégico de investigación financiado por el Gobierno vasco cuyo objetivo es el desarrollo de la eco-innovación al servicio de la sostenibilidad y de la competitividad.

nera frustración, insatisfacción permanente y bloquea las posibilidades de una mejora gradual de las condiciones de vida), perderá legitimidad y acabará siendo rechazado y abandonando por la sociedad. Si el modelo no es sostenible en lo económico, acabará haciendo quiebra e implosionará, dejando espacio a formas de organización económica alternativas. Las tres bases de la sostenibilidad son necesarias a largo plazo, por eso en el ámbito del presente trabajo abordaremos la dimensión ambiental, económica y política de la sostenibilidad. Esto significará que, para lograr la competitividad sostenible, la producción deberá ser capaz de crear competitividad económica y, ser capaz al mismo tiempo de no comprometer la sostenibilidad del medio ambiente para las generaciones futuras. Es decir, la capacidad de desarrollo de las generaciones futuras no debería verse reducida por el daño ambiental que la actividad económica presente pudiera estar causando.

Así, podemos entender competitividad sostenible como la actividad económica que genera crecimiento económico y bienestar en el presente realizando un uso mínimo de los recursos naturales por unidad de *output* a lo largo del ciclo de vida del producto o servicio y una emisión mínima de sustancias tóxicas, permitiendo a las generaciones futuras continuar con ese proceso de crecimiento económico (Reid y Miedzinski, 2008). Para analizar este concepto y aplicarlo a la CAPV proponemos una adaptación del modelo «diamante» de Porter (1990), integrando explícitamente los aspectos de cambio climático y escasez energética junto al concepto central de productividad.

El artículo se estructura como sigue: tras esta introducción, en el segundo

apartado se analizan las consecuencias en la actividad económica en un contexto caracterizado por el efecto del cambio climático (CC) y de la escasez energética (EE). En el tercero se analizan las políticas e instrumentos desarrolladas llevadas a cabo internacionalmente y en Euskadi para luchar contra el cambio climático e impulsar la eco-innovación. En el cuarto se examina el concepto de competitividad sostenible, introduciendo la variable ambiental como una fuente de ventaja competitiva, para finalizar con un apartado de conclusiones.

2. LA ACTIVIDAD ECONÓMICA EN UN ENTORNO DE CAMBIO CLIMÁTICO Y ESCASEZ ENERGÉTICA

El aumento progresivo de la demanda de energías fósiles a nivel mundial debido al crecimiento económico experimentado en la mayoría de las economías en los últimos decenios y los crecientes costes marginales de extracción apuntan hacia un aumento estructural de los precios del petróleo y el gas (Pascual y Bonilla, 2009). Este incremento de la demanda, tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo, lleva aparejada una mayor emisión de gases de efecto invernadero (GEI), lo que potencialmente tendrá efectos negativos en relación al cambio climático (IPCC, 2007).

2.1. Cambio climático y fuga de carbono

En primer lugar, en este apartado se describen los efectos económicos del cambio climático respecto a sus dos vertientes

más importantes: el coste de la mitigación y el coste de la adaptación al cambio climático². A su vez, se repasa la situación específica de la CAPV ante el factor económico de las emisiones de CO₂. En segundo lugar, se analizan los efectos económicos de la escasez energética, con especial atención al caso del petróleo.

Las actuaciones para limitar los impactos del CC pueden provenir de (a) la *mitigación* de emisiones mediante una reducción de las emisiones de GEI a la atmósfera o mediante un aumento de los sumideros de carbono y de (b) la *adaptación* a sus efectos. Ambas medidas son complementarias y están relacionadas a través de las políticas de desarrollo sostenible. Según González-Eguino (2010) una conclusión sorprendente de los estudios tecnológicos es que existen importantes oportunidades para la mitigación de emisiones a un coste cero o negativo; es decir, que mediante, por ejemplo, el ahorro y la eficiencia energética en la iluminación, en los motores de los vehículos o mediante eficiencia energética en edificación, se podrían reducir las emisiones y obtener al tiempo un beneficio económico. Las razones por las que el mercado no aprovecha estas oportunidades («paradoja de la eficiencia») podrían deberse a la existencia de costes o barreras ocultas (financiación, información, etc.) que podrían eliminarse a través de las políticas adecuadas.

En este apartado se presenta, a grandes rasgos, la situación general de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) ante el factor CO₂. El gráfico n.º 1, tomado de

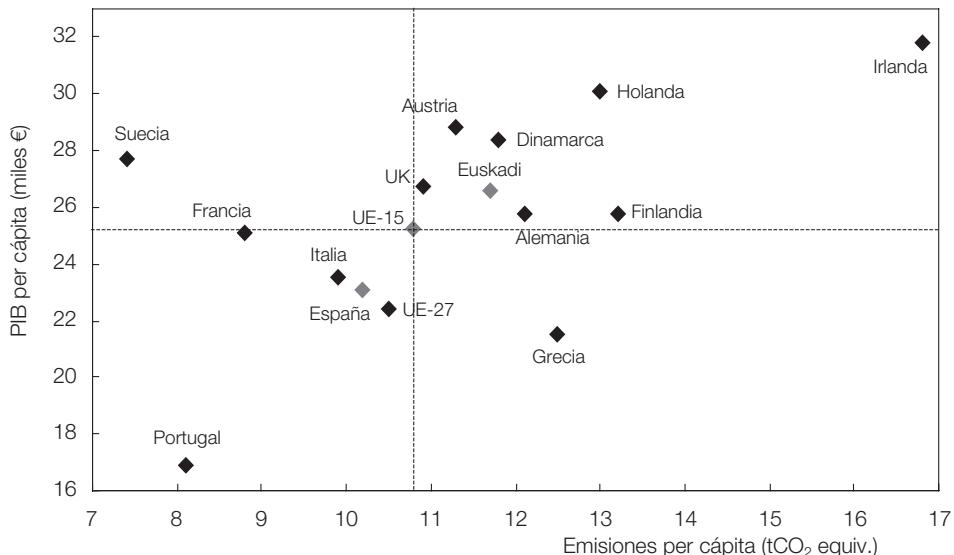
² Los costes de no actuación o no mitigación no son considerados, ya que se toma como base la política vasca sobre cambio climático que en ningún momento hace mención a que la estrategia de la CAPV se base en la «no actuación» ante el cambio climático.

González-Eguino (2010), permite representar la situación de la CAPV frente a los países de su entorno a partir de dos variables características: PIB per cápita y emisiones de CO₂ per cápita. Según esta clasificación, la CAPV se encuentra en el cuadrante de arriba a la derecha dentro de los países que tienen un PIB y unas emisiones superiores a la media de la UE-15, de modo que para avanzar hacia una economía baja en carbono se debería mover hacia el cuadrante superior izquierdo.

La economía de la CAPV es una economía industrial, ya que en la CAPV este sector representa un 27% de su PIB, mientras que en España y la UE-15 alcanza únicamente porcentajes del 17% y 18%, respectivamente. Este es uno de los factores que explican que la intensidad energética³ en la CAPV sea casi el doble que en la UE-15, a pesar de los esfuerzos hechos durante la reconversión industrial y de la aplicación de políticas de ahorro energético. Otro indicador que pone de manifiesto la estructura «pesada» de la economía de la CAPV es el indicador conocido como Input de Materiales Directos o IMD, que recoge las toneladas de materiales *per cápita* que son procesadas dentro de una economía. Este indicador (Arto y Kerschner, 2010) muestra cómo la producción anual en la CAPV en 2004 requería del uso de 35,1 toneladas de materiales por persona y año, mientras que en el conjunto de España y en la UE-15 la necesidad de materiales era de 18,7 y 16 toneladas/persona y año, respectivamente.

³ La intensidad energética (consumo Energía/PIB) mide la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de PIB, habitualmente en Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP) por cada mil euros. En 2004 la intensidad energética de la CAPV, España y EU-15 fue 178,5, 225,5 y 98,3, respectivamente.

Gráfico n.º 1
Emisiones y PIB por persona, 2005



Fuente: González-Eguino (2010).

La economía de la CAPV es también una economía intensiva en consumo de energía y de electricidad; los sectores intensivos⁴ en consumo eléctrico suponen en la CAPV un 4,4% del VAB (Valor Añadido Bruto) mientras que en el resto de España alcanzan únicamente un 2%. Por último, y según datos del año 2006, únicamente el 6% de la demanda energética de la CAPV proviene de fuentes renovables no emisoras de CO₂, mientras que el resto depende del consumo de combustibles fósiles importados. La CAPV⁵ tiene, por lo

tanto, una dependencia energética exterior cercana al 95%, superior a la media española que en el año 2006 era un 80%, y se encuentra alejada de la media de la UE-27 (53,8%) y de países como Suecia (37,4%) o Países Bajos (38%).

En definitiva puede decirse, a grandes rasgos, que aunque la CAPV está bien situada en términos económicos, es más vulnerable que su entorno al factor carbono debido a su carácter industrial, intensivo en consumo de energía, materiales y electricidad y altamente dependiente de las energías fósiles.

⁴ La Comisión Europea considera que un sector es intensivo en consumo eléctrico si su factura eléctrica supera el 3% de su Valor Añadido Bruto o VAB.

⁵ En este punto es necesario señalar la dificultad que supone hacer comparaciones entre regiones y

países. En el caso de la CAPV, además, no puede separarse su mix eléctrico, ya que el mercado es esencial.

En este contexto, las políticas climáticas han comenzado a ser una realidad global, especialmente en la Unión Europea (UE), que se ha fijado para 2020 (EC, 2008) los siguientes tres objetivos: 1) reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero un 20% con respecto a 1990, 2) abastecer el 20% de la demanda energética con fuentes renovables y 3) aumentar un 20% la eficiencia energética. Uno de los instrumentos clave para alcanzar dichos objetivos es el mercado europeo de permisos de emisión transferibles (EU ETS⁶), que desde 2005 establece un precio para el CO₂. Aunque este mecanismo afecta únicamente a los sectores industriales intensivos en energía, se prevé que su uso se vaya extendiendo al resto de sectores en combinación con otros instrumentos.

Debido a ello, uno de los retos a los que se enfrenta la UE es el problema de una potencial «fuga de carbono», concepto ligado a la idea que algunas industrias de la UE con alto coste en carbono e intensidad de comercio podrían decidir trasladar total o parcialmente su producción a otros países para evitar este nuevo sobrecoste. Este fenómeno no sólo perjudicaría a los sectores económicos de la UE sino que también haría aumentar las emisiones globales si la actividad migrara hacia países con tecnologías menos eficientes donde el CO₂ no está regulado. Aunque algunos factores como el coste o la cualificación de la mano de obra seguirán siendo relevantes para la mayoría de las empresas, el factor «carbono» es un elemento adicional a considerar en la compleja ecuación de la globalización, espe-

cialmente en el caso de aquellas industrias muy intensivas en consumo de energía y materiales.

Según el reciente estudio de González-Eguino (2010), se puede estimar que, en el caso de la economía de la CAPV, la actividad productiva que estaría directamente expuesta a un riesgo de «fuga de carbono» rondaría entre un 4 y un 6% del valor añadido bruto (VAB) total generado anualmente. Esto se debe a que aunque la CAPV está bien situada en términos económicos, es, como ya se ha indicado, más vulnerable que su entorno al factor carbono debido a su carácter industrial, intensivo en consumo de energía, materiales y electricidad y altamente dependiente de las energías fósiles. En cuanto al efecto sobre el empleo, González-Eguino (2010) estima que 1 de cada 25 trabajadores podría estar afectado a medio-largo plazo por el factor carbono, mientras que, por el contrario, 20 de cada 25 empleos no serían en principio vulnerables directamente. El resto de los empleos, 4 de cada 25, permanecerían en una región intermedia y podrían sufrir un impacto pequeño o marginal. Dentro de los sectores vulnerables o en riesgo por la fuga de carbono se encuentran once sectores, siendo los de Siderurgia y Refino de Petróleo los más vulnerables. Estos sectores representan un 2,2% y un 1% del valor añadido bruto (VAB) total. También tienen especial importancia el sector Fundición y el sector Industria de Papel, por su alto nivel de generación de empleo. Por último, el sector Metalurgia no férrea es relevante por su elevado grado de apertura hacia el exterior.

⁶ EU-ETS o *European Union Emissions Trading Scheme*. Mediante este sistema el regulador i) establece el nivel objetivo de emisiones deseable o alcanzable mediante la creación de permisos de emisión ii) reparte dichos permisos mediante los Planes Nacionales de Asignación y iii) permite que se intercambien después libremente en el mercado.

2.2. Escasez y carestía del petróleo

Si bien prácticamente nadie discute el futuro techo de extracción de petróleo (Arto y

Kerschner, 2010), sí que existe cierta controversia sobre el horizonte temporal del mismo. Así, mientras hay quienes afirman que ya se ha alcanzado o se está a punto de alcanzar, otros apuntan a que éste techo se producirá más allá del año 2020. Los trabajos de Arto y Kerschner (2010) basados a su vez en los de Hirsch (2007) y De Almeida y Silva (2009) recogen estas diferentes posiciones.

En los últimos años se han puesto en funcionamiento pozos de petróleo que hasta ahora se mantenían en reserva para hacer frente a caídas coyunturales del suministro. La entrada en producción de estos pozos junto con el desarrollo de nuevos proyectos tan sólo ha contribuido a mantener estable el nivel de producción. Además, estas tensiones por parte de la oferta han sido reforzadas por otros factores tales como la inestabilidad en algunos de los países productores o la reducción de las exportaciones a consecuencia del incremento en el consumo interno de algunos de estos países. La situación de estancamiento en la oferta ha venido acompañada por un incremento en la demanda de petróleo, fruto del crecimiento económico de Estados Unidos, China, India y, en menor medida, de la Unión Europea.

La conjunción de todas estas circunstancias, junto con otros factores de menor importancia (especulación, por ejemplo), sirven para explicar el incremento continuado en los precios del petróleo desde el año 2002. Esta escalada tuvo su momento crítico en julio del año 2008, cuando el precio del petróleo marcó un máximo histórico superando los 145 \$ por barril.

Analizando la relación existente entre oferta y precio del petróleo entre 1997 y 2008 (gráfico n.º 2), se observa cómo en los

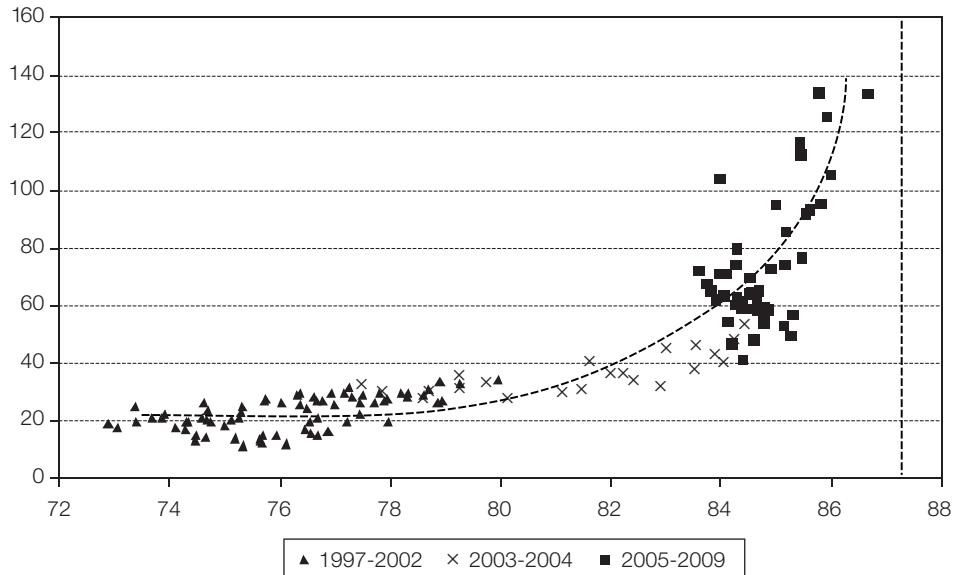
últimos años se ha llegado a un punto en el que la oferta es muy inelástica respecto a los precios (Arto y Kerschner, 2010). Es decir, a partir de los 86-87 Mbd (millones de barriles diarios), la oferta de petróleo se mantiene constante independientemente del precio que marque el mercado. Esto podría ser una señal de que el techo del petróleo ya ha sido alcanzado en julio de 2008, con una extracción que rondaría los 87 Mbd.

Atendiendo al análisis que aportan Arto y Kerschner (2010) se considera que el contexto probable del futuro más próximo (basado en hechos recientes del mercado del petróleo) podría ser el siguiente. En el año 2008 se habría alcanzado el techo máximo de extracción de petróleo, ya que la oferta fue incapaz de satisfacer toda la demanda y los precios se dispararon hasta alcanzar máximos históricos; pero en 2009, la crisis económica ha provocado un importante retroceso en la demanda de petróleo y como consecuencia el hundimiento de los precios.

Esta situación está siendo acompañada por unos bajos niveles de inversión en el sector petrolífero que, teniendo en cuenta las actuales tasas de agotamiento de los grandes yacimientos, es probable que estén provocando (o vayan a provocar) una reducción en la oferta de petróleo.

Finalmente, en el corto-medio plazo (2010-2013), en un escenario de oferta decreciente o, en el mejor de los casos, estancada, y de recuperación de la demanda, es muy probable que nos enfrentemos ante una escalada en los precios del petróleo. Ante este posible escenario surge la pregunta de en qué medida son vulnerables al techo del petróleo las economías de la UE y más en concreto la economía del País Vasco.

Gráfico n.º 2
Curva de oferta-precio del petróleo. 1997-2008



Fuente: Arto y Kerschner (2010) a partir de datos de *Energy Information Administration*.

En el año 2008 el Gobierno vasco publicó un estudio en el que se analizaban los efectos potenciales de un incremento en el precio del petróleo sobre la economía vasca (Gobierno Vasco, 2008). El estudio concluye que en un escenario pesimista, con un precio del petróleo en 2015 cercano a 205 dólares/barril a precios constantes de 2006, el incremento en los costes energéticos supondría una contracción del PIB vasco del 1% y del 0,9% del empleo.

3. **POLÍTICAS E INSTRUMENTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO Y DE ECO-INNOVACIÓN⁷**

En este apartado se expone la evolución que han sufrido las políticas medioambientales por influjo de la problemática del cambio climático (CC), y cómo en esta transformación se ha incrementado el *mix* de instrumentos utilizados. Dentro de estos últimos destacan en particular aquéllos que inducen en mayor medida la innovación

⁷ Este punto se fundamenta en algunos resultados recogidos en el informe aún sin publicar E-9, Benchmarking Internacional relativo a Políticas de CC y eco-innovación desarrollado en el proyecto ETORTEK eCo-BERRI (Ugalde I y Saenz de Zaitegui, 2010).

tecnológica, siendo esta última soporte clave para aminorar la vulnerabilidad del sistema productivo ante las amenazas del CC y la eficiencia energética, descritas en el apartado anterior.

De la misma forma, se observa cómo la política de CC ha ampliado el espectro de políticas sectoriales implicadas directamente en el medio ambiente, como ocurre de forma claramente manifiesta con respecto a las políticas energéticas. La urgencia y características de los problemas del CC y la EE llevan a concebir la política pública, por una parte, y la eco-innovación, por otra, como elementos clave para su resolución.

Desde la aprobación del protocolo de Kioto se introducen nuevos tipos de instrumentos y formas de gobernanza que, de alguna forma, rompen con la trayectoria condicionada eminentemente por un enfoque convencional y regulatorio que buscaba mayormente la protección medioambiental y que estaban lejos de concebir el medio ambiente como una palanca para impulsar la competitividad de las empresas. Sin embargo, la experiencia de los últimos años ha demostrado que los instrumentos más tradicionales de la política medioambiental son también necesarios para la promoción de la eco-innovación, complementando la funcionalidad de aquellos más representativos de la política de CC, como son, entre otros, los acuerdos voluntarios u otros soportes de mercado. De ahí la importancia creciente que ha ido adquiriendo la mezcla de políticas para un buen desarrollo de la eco-innovación.

El País Vasco⁸, al igual que el resto de los países y regiones, cuando menos del ám-

bito europeo, se ha visto condicionado por esta transformación de la política medioambiental, y especialmente por la acción política de macroestructuras como la que la Unión Europea representa. De hecho, y aunque de forma un tanto tardía⁹, esta región introduce muchas de las prácticas e instrumentos de la Política de CC y de eco-innovación aplicadas en el ámbito internacional.

En adelante se exponen las principales corrientes y medidas establecidas desde los años setenta hasta nuestros días, resaltando sus ventajas y desventajas en relación a la innovación, así como algunas de las prácticas más notorias a nivel internacional y del País Vasco.

3.1. La corriente 'command and control'

En los años setenta, la tradición neoclásica de la economía medioambiental introduce la idea de la necesidad de la intervención gubernamental en las actividades del sector privado, dada la imposibilidad de que un mercado no regulado interiorice los costes externos generados por la actividad económica en el medio ambiente. Los instrumentos más característicos de esta tradición denominada *command and control* son las normas, los estándares y las reglamentaciones.

CC desarrolladas por el Gobierno Vasco, excluyendo del mismo, un análisis multinivel referido a las políticas desarrolladas por las diputaciones forales y la administraciones locales.

⁸ Aunque el Plan Vasco de lucha contra el CC no se formula hasta el 2008, lo cierto es que desde los años noventa, y en particular desde la promulgación de la Ley de Protección Medioambiental (1998) y la posterior Estrategia Ambiente Vasca de Desarrollo Sostenible (2002), la política medioambiental es muy activa, introduciendo todo tipo de instrumentos (regulaciones, estándares, acuerdos voluntarios, redes, proyectos demostración, etc.).

⁹ Se ha de subrayar como el análisis que se presenta en este punto sobre la región del País Vasco hace referencia a las políticas medioambientales y de

La regulación en el ámbito del medio ambiente tiene una clara justificación. Existen pocos incentivos a la innovación medioambiental por parte de la tecnología y el mercado. Este tipo de política normalmente se asocia con estándares tecnológicos que requieren la adopción de tecnologías específicas orientadas a resolver un problema medioambiental, por lo que normalmente no se valora como un buen instrumento para la promoción de la innovación. Existirían, sin embargo, algunas modalidades más flexibles al respecto, léase los llamados *performance standard*.

La Directiva del Agua potable es un buen ejemplo del modelo *command and control*. Esta directiva especifica la calidad de los estándares del agua dedicada al consumo humano, asume estructuras jerárquicas de intervención e implica patrones formales y legales para la intermediación a nivel doméstico. Los estándares definidos en la directiva no son negociables y se aplican uniformemente a todos los proveedores de agua. En este caso existe una ligazón íntima entre los contenidos de la política y los acuerdos institucionales para llevarlos a cabo. Otros ejemplos los encontraríamos en otras Directivas alemanas referidas a la Incineración de Residuos Peligrosos, así como la relativa a la contaminación atmosférica de grandes plantas de combustión.

Aunque los mecanismos de *command and control* han sido frecuentemente puestos en cuestión como instrumentos que favorecen la eco-innovación, sufriendo un «aparente» declive a partir de los años ochenta, lo cierto es que han sido muy utilizados por ejemplo en Estados Unidos, y en California (Jacobs *et al.*, 2005), con el objeto de forzar precisamente el desarrollo tecnológico en algunos sectores.

Asimismo, en los últimos años este tipo de instrumentos se han revigorizado con la experiencia del Programa Top-Runner de Japón, al demostrar la viabilidad de los estándares y normas como instrumento para la promoción de la innovación y la eficiencia energética, a la vez que para el desarrollo y compra de productos más eficientes energéticamente (Green *et al.*, 1994; Porter and van der Linde, 1995; Kemp, 1997; Hemmelskamp, 1997; Cleff and Rennings, 1998).

En el caso del País Vasco existen distintas regulaciones que avalan la actividad de esta región en este terreno, aunque ninguna hace mención específica a temas relacionados con el CC (tales como, las ecotasas o los combustibles). En este ámbito destacaríamos las siguientes: Ley 38/1972; Ley 34/2007 de Protección del Ambiente Atmosférico; Ley 10/1998 de Gestión de Residuos; y Ley 1/2006 de Aguas (Agencia del Agua).

Los tres apartados siguientes se refieren a medidas políticas que han sido en mayor medida introducidas en las prácticas internacionales y regionales a partir del Protocolo de Kioto y de los programas para afrontar el CC. Nos estamos refiriendo a los llamados mecanismos de mercado y los acuerdos voluntarios, provenientes principalmente de la Política Medioambiental. Asimismo, también se incluye un apartado referido a los mecanismos de innovación definidos desde la perspectiva evolutiva de la innovación.

3.2. Mecanismos de mercado

Los mecanismos basados en el mercado abarcan una amplia y variada gama de instrumentos, entre otros: impuestos (o más

general, medidas fiscales), sistemas de permisos de intercambio, subsidios, depósitos y premios.

La ventaja obvia de este tipo de políticas es que conceden incentivos permanentes a la reducción de emisiones, a costes eficientes, sobre todo si se comparan con los estándares técnicos, que mantienen los incentivos hasta que los estándares son alcanzados (Rennings, 1998). En otras palabras, instrumentos tales como las eco-tasas o el mercado de emisiones proveen a las empresas innovadoras de un incentivo para obtener ganancias adicionales por reducir sus emisiones.

A pesar de que este tipo de instrumentos no estaba en línea con la tradición regulatoria europea (Damro y Luaces, 2003), países como Dinamarca o Gran Bretaña destacaron por ser de los primeros en desarrollar sus propios sistemas de emisiones, aunque bajo modalidades de gobernanza distintas. Mientras que Gran Bretaña opta por un modelo de tipo voluntario, Dinamarca desarrolla un sistema obligatorio que posteriormente inspiraría lo que es hoy el sistema europeo de emisiones (Liefferink y Andersen, 1998). Entre las contrariedades de este sistema sobresaldría el hecho del aumento del precio de las emisiones derivado de una creciente disminución de las mismas.

Este nuevo tipo de instrumentos está orientado a respetar la diversidad de las condiciones nacionales. En lugar de imponer líneas de actuación de arriba abajo, la nueva aproximación permite a los estados una mayor flexibilidad para la adaptación a los requerimientos europeos.

Este nuevo modelo de gobernanza busca la simplificación de los procesos de decisión, así como mejorar el déficit

de implementación de las políticas medioambientales (Knill y Lenschow, 2000b). A la vez, es más acorde con el principio de subsidiariedad. El caso del País Vasco es fiel reflejo de esta realidad, porque si bien es el ámbito nacional el que tiene las competencias del mercado de emisiones, el Plan Vasco de Lucha contra el Cambio Climático¹⁰ pretende «conseguir que en 2020 la Comunidad Autónoma del País Vasco haya dado pasos irreversibles hacia la consolidación de un modelo socio-económico no dependiente del carbono, minimizando nuestra vulnerabilidad frente al cambio climático», mediante objetivos estratégicos tales como limitar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEIs) al +14% respecto a 1990, año base. De la misma forma, la Estrategia Energética de Euskadi 2010, incluye de forma literal, entre sus objetivos» limitar al año 2010 el crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero debidas al consumo energético por debajo del 15% en relación a las emisiones de 1990».

La adopción de medidas fiscales como las eco-tasas en Europa no está muy extendida hasta el momento aunque existen precedentes especialmente entre los países nórdicos (Skjaerseth, 1994; Zito, 1995; Grant *et al.*, 2000). De hecho, este tipo de instrumentos genera reparo entre las empresas aludiendo a una posible pérdida de competitividad. En todo caso, tampoco está muy claro que las medidas fiscales sean tan efectivas como los permisos de emisión (Río, 2008). E incluso hay autores

¹⁰ Las futuras Ley Vasca de Cambio Climático y Ley Vasca de Transporte Sostenible, cuyos anteproyectos saldrán próximamente a exposición pública, tras un proceso de contraste con instituciones y agentes sociales, puede representar un paso muy positivo en la política climática a nivel regional.

que dudan de la efectividad de este tipo de instrumentos en general con respecto a la innovación (Kemp, 2007).

Según algunos autores, la subida de los precios de la gasolina supondría no sólo interiorizar los costes externos generados por este producto sino también la aceleración en el proceso de incorporación en el mercado de los automóviles eco-eficientes. Sin embargo, y dejando aparte el riesgo que podría representar un *shock* en los precios de los combustibles, tal como ocurrió en los años 70, parece ser que esta medida es efectiva siempre y cuando nos encontremos en fases avanzadas de difusión del producto y no tanto en las primeras fases de la innovación. De hecho mientras la superioridad de los instrumentos basados en el mercado se ha confirmado en las situaciones de perfecta competencia y total información, la situación cambia cuando la concurrencia no es perfecta. Incluso se llega a afirmar que cuando las empresas ganan ventajas estratégicas desde la innovación, entonces los estándares y normas pueden ser más apropiados para estimular este tipo de procesos.

En los países rezagados en política medioambiental, como es el caso de países y regiones del área mediterránea, la introducción de medidas fiscales está siendo más lenta que entre los pioneros. En términos de análisis sistémico esta circunstancia se interpretaría como la existencia de un mayor efecto de *lock-in* (candado) que bloquea el cambio en estos territorios en mayor medida que en el resto.

Obviamente, en la situación de bloqueo influye, entre otros aspectos, el mayor o menor grado de capacidades tecno-productivas, organizativas y culturales que tienen las empresas y los agentes científicos

tecnológicos con los que cuenta un territorio.

3.3. **Instrumentos de carácter voluntario**

Este tipo de instrumentos buscan la movilización de la sociedad mediante procesos más transparentes, oportunidades para la participación así como la provisión de incentivos para la auto-regulación de la industria (Lenschow, 1999; Mol, Lauber y Liefferink, 2000). Entre estos instrumentos destacarían el Sistema de Gestión Medioambiental, los llamados acuerdos voluntarios e instrumentos de información.

Los sistemas de gestión medioambiental proporcionan un instrumento sistémico para que las empresas identifiquen sus impactos medioambientales. Este sistema puede ser o no certificado por terceras partes. En esta última alternativa existen internacionalmente: ISO 14001 y EMAS. Ambos son estándares voluntarios y han sido desarrollados para ayudar a las empresas en el proceso de mejora de los resultados medioambientales y reducir sus impactos sobre el medio ambiente (Yüksel, 2007). Aunque en principio la adopción de este tipo de esquema puede ser costosa para la empresa, posteriormente puede resultar ventajosa, por la mejora de su imagen frente a la competencia, por ejemplo. Otros autores, como Konnola y Unruh (2007), argumentan que este tipo de instrumentos algunas veces puede dificultar la eco-innovación. El País Vasco tiene una larga y prolífica trayectoria en el ámbito de la calidad, lo cual tiene reflejo también en el ámbito medioambiental. De hecho destacarían las siguientes experiencias desarrolladas en

este campo por la Administración vasca: el desarrollo e implantación de la Norma de Ecodiseño UNE 150301 (futura ISO 14006), la gestión de la norma de mejora ambiental Ekoscan y el apoyo que presta a organizaciones para superar ciertos estándares o también la Guía de la Edificación Sostenible.

Los acuerdos voluntarios, por su parte, se refieren a acuerdos establecidos entre el regulador y las empresas que se realizan con objeto, entre otras cuestiones, de reducir las emisiones. Entre las ventajas de este instrumento destacarían su flexibilidad y su capacidad de facilitar el diálogo entre las empresas y el regulador, de modo que se pueda planificar a largo sin amenazas de cambios normativos a corto que puedan perjudicar en gran medida a las empresas. Sin embargo, en la actualidad no faltan críticas también a este tipo de instrumentos. Entre ellas destacaría el hecho de que estos acuerdos pueden estar condicionados por intereses privados para proteger ciertos mercados, como ocurrió con el Protocolo de Montreal que fue condicionado por el sector de los clorofluorocarbonatos (Reinhart, 1999). Según opinión mayoritaria de los expertos, los acuerdos voluntarios no deberían verse como la panacea, sino que se debería intervenir complementando este tipo de instrumentos con una reglamentación de tipo más tradicional. De hecho, se considera que los acuerdos voluntarios funcionan mejor en la fase de definición de objetivos y no tanto en la resolutiva. Hay que subrayar también cómo la Ley 3/1998, General de Protección del Medio Ambiente del País Vasco, de 27 de febrero, y la Estrategia Ambiental Vasca de Desarrollo Sostenible (2002-2020) estipulan de forma literal la participación y los acuerdos voluntarios como elementos básicos para el desarrollo

de la política medioambiental en el País Vasco¹¹.

La información se considera también un factor clave para la eco-innovación especialmente en los ámbitos de reglamentación y estándares internacionales, de hecho muchos de los primeros países (Dinamarca y Estados Unidos) han instaurado websites y portales orientados a ofrecer información puntera sobre temas muy variados, tales como: biotecnologías, química verde, energía y/o materiales con el objetivo entre otros de difundir las oportunidades de las tecnologías medioambientales. El País Vasco cuenta con una dilatada trayectoria en el campo de información tanto en el ámbito medioambiental (<http://www.ihobe.net>), de la energía (<http://www.eve.es>) e innovación, difundiendo buenas prácticas en distintos ámbitos de la eficiencia energética y del eco-diseño (<http://www.productosostenible.net>).

Por otra parte, si bien en los últimos años ha crecido el modelo de intervención de carácter voluntario en el ámbito del medio ambiente y de la eco-innovación, lo cierto es que estos instrumentos coexisten con instrumentos tradicionales de intervención de tipo vertical. De hecho, parece ser que todavía hoy en la política medioambiental europea los acuerdos negociados son de mínima importancia en comparación con las formas clásicas de intervención regulada (Héritier, 2002). Hay que señalar que los cambios en los modos de gobernanza de la política medioambiental de la Unión Europea se enraízan en una ola de reformas globales caracterizada por la privatización, liberalización, desregulación, y emergencia de

¹¹ Sin embargo la experiencia de los Acuerdos Voluntarios en la región se remonta a los años 90, en el capítulo de residuos tóxicos y peligrosos.

un nuevo estilo de gestión pública (Benz and Götz, 1996).

3.4. **Instrumentos de soporte a la innovación**

Aunque sea de manera tímida también en los últimos años han crecido los soportes para la innovación orientada al medio ambiente provenientes mayormente de la llamada perspectiva evolutiva. Estos son necesarios si realmente quiere apoyarse los procesos de eco-innovación en el conjunto de su cadena de valor, esto es desde las primeras fases de la innovación, invención, selección de nuevos sectores hasta su difusión y transferencia.

Desde la perspectiva de la eco-innovación se considera importante introducir el criterio medioambiental en las primeras fases de la investigación y el desarrollo, dado que ello no se produce de forma natural (Jakob *et al.*, 2005). Un inconveniente para el estudio de este fenómeno es discernir qué parte de las inversiones se dedican verdaderamente a las tecnologías limpias, problemática ésta apuntada por otros autores que participan en el presente número de EKONOMIAZ (véase Andersen, Jänicke y Scheppelman, *passim*). En todo caso en la mayoría de los primeros países se observan áreas sectoriales prioritarias, tales como las tecnologías marinas y *off-shore* en Gran Bretaña o el hidrógeno, las células de combustible y programas de infraestructuras tecnológicas en Estados Unidos. Alemania cuenta con una perspectiva más integradora, distinguiéndose dos grandes líneas que apoyan la eco-innovación. Una, por medio del fondo para la investigación, el desarrollo y la demostración de recursos renovables, en las

áreas de producción de materias primas, energías y productos verdes, así como el uso sostenible de recursos naturales. A su vez, este país también cuenta con un programa marco de investigación para la sostenibilidad, incluyendo industria, negocios y regiones, entre otras. Desde la perspectiva de la innovación medioambiental es importante realizar experimentos en nichos tecnológicos que promuevan innovaciones de carácter radical (Kemp *et al.*, 1997), necesarias no sólo si se quiere alcanzar los objetivos exigentes promulgados en materias tales como el cambio climático y la escasez de recursos, sino también como elemento tractor y diferenciador de los países ante la innovación.

Este tipo de medidas suelen ir acompañadas de otros instrumentos relacionados con la demanda, tales como la compra pública y la transferencia tecnológica. En el campo de la compra pública hay que destacar el Manual Práctico de Contratación y Compra Pública Verde 2009, desarrollado por IHOBE para la promoción de estas prácticas en la región, entre otras iniciativas.

Aunque no sea de forma explícita sí que se observan varios proyectos a nivel regional que pretenden el desarrollo de nichos tecnológicos especialmente en el ámbito de la energía, donde sobresale el caso de la energía undimotriz o energía de las olas¹².

Desde el lado de la oferta, también se están desarrollando algunas iniciativas fi-

¹² Obviamente la apuesta por el desarrollo de nuevos nichos tecnológicos relacionados con el sector energético tiene que ver con la cultura y la trayectoria mostradas especialmente por las industrias vascas y españolas en su conjunto en este sentido, destacando el caso de la eólica.

nancieras enfocadas en la eco-innovación, como los *Fondos Verdes*, que garantizan préstamos para proyectos de inversión o fondos de garantía, como ocurre en el caso de Estados Unidos, o incluso de Corea del Sur y China¹³. Asimismo se extienden esquemas de verificación de tecnologías medioambientales en mercados de distintos países tales como Dinamarca, Francia, Canadá y Reino Unido entre otros.

Cabe señalar que las políticas de eco-innovación dependen cada vez más de la integración de los ámbitos de intervención, cuando menos, referidos al medio ambiente, la energía, la innovación y la construcción; así como del uso flexible de los distintos instrumentos arriba descritos a lo largo de las distintas etapas del proceso de transición que tiene que protagonizar el sistema productivo hacia una economía sostenible y baja en carbono.

Esta aproximación no sólo resalta la importancia de la concertación interinstitucional, sino también la cooperación público-privada y la participación de la sociedad civil para la resolución global de los problemas de la sostenibilidad. Además se enfatiza la participación pública, la transparencia y la autorregulación, entre otros aspectos. De hecho, en Europa, se pueden observar distintos modelos de gobernanza a nivel institucional que se enmarcan en este tipo de política.

El anglosajón, por ejemplo, se caracteriza por su eminente sentido instrumental. Las Comisiones para la identificación de mercados medioambientales para el desarrollo económico con la participación de distintos agentes del sistema son claves en este modelo. Por el contrario, también hay modelos más integradores como ocurre con el caso alemán (Master Plan para Tecnologías Ambientales, 2008) u holandés. Este último precisamente ha desarrollado un modelo para la integración de políticas llamado gestión de la transición que está sirviendo de inspiración para la planificación de las políticas de eco-innovación en los sectores relacionados con las infraestructuras de otros países tales como Francia o Finlandia.

La gestión de la transición se distingue por desarrollar una visión de la política a largo plazo a la vez que combina objetivos a corto plazo, desde una visión eminentemente sistémica. Otra de las características de este modelo es que se planifica sobre grupos de opciones, definiendo sobre ellos caminos para la transición y el desarrollo de instrumentos. Asimismo, esta práctica facilita la generación de redes y coaliciones entre los actores, facilitando la confianza mutua y la formulación de objetivos comunes. En este sentido destaca el Quinto Programa de Acción para la Tecnología Medioambiental (ETAP) realizado con la participación de una amplia representación de agentes a nivel europeo. Entre las conclusiones preliminares destacar que la movilización e implicación de la industria y de otros agentes es clave para mejorar el desarrollo de las tecnologías medioambientales (Calleja y Delgado, 2008). En la formulación de estos programas, no debería confiarse sólo en los actores que más cerca están del problema, ya que ellos mu-

¹³ En el caso español en general y regional en particular no se han generado Fondos Verdes propiamente como salida a la crisis, tal como ha ocurrido en otros países (Estados Unidos, China, Corea del Sur, etc.). Por el contrario, podríamos decir, que se está reduciendo el apoyo público a ciertos sectores relacionados por ejemplo con las energías renovables, poniendo en peligro avances muy significativos logrados en los últimos años.

chas veces están atrapados por viejos modos de pensamiento y por intereses derivados de su *statu quo*.

También en la región vasca se observa en los últimos años una tendencia creciente a la generación de órganos para la concertación de políticas públicas en materia medioambiental y más en particular en el área de CC¹⁴. En este sentido destacaríamos las Oficina Vasca del Cambio Climático, cuyo objetivo es dinamizar y coordinar las políticas públicas para tratar de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para poder cumplir los objetivos de Kyoto (2008-2012) y demás compromisos del País Vasco (post-2012), y que al mismo tiempo incentiva e involucra a todos los agentes institucionales, económicos y sociales de la economía»¹⁵.

De la misma forma también se observa cómo las políticas públicas, ya no sólo en la esfera medioambiental sino también en la energía, cada vez se definen a más largo plazo y toman como referencia análisis de escenarios futuros para su formulación. Asimismo, el País Vasco cuenta con relevantes antecedentes de participación para la formulación de estrategias públicas en los ámbitos de la Ciencia y Tecnología y Competitividad, entre otros. Sin embargo, todavía no se puede decir que se haya desarrollado una experiencia de gestión de la transición propiamente dicha, que se traduzca en planes integradores que promuevan la Ciencia, Tecnología e Innovación u

otras políticas sectoriales orientadas a la sostenibilidad de la región¹⁶.

4. COMPETITIVIDAD SOSTENIBLE: ESTRATEGIA PARA LAS EMPRESAS EN LA ERA POST-CARBONO

Tal como hemos podido observar en los apartados precedentes tanto la problemática del CC como las políticas públicas con él relacionadas acentúan el papel de la innovación y la competitividad de las empresas como aspectos claves para la resolución de las problemáticas medioambiental y energética.

Una gran cantidad de actores económicos ha sentido la problemática medioambiental como una restricción a sus posibilidades competitivas y de crecimiento. Lejos de este pensamiento, que reduciría la economía a un juego de suma cero, estudios conceptuales y empíricos han demostrado que la existencia de una legislación exigente desde el punto de vista ambiental puede ser (y de hecho, es) fuente de innovaciones y de ventaja competitiva para las empresas (Aguado *et al.*, 2009).

Esta hipótesis, denominada *hipótesis Porter*, fue formulada por primera vez en sendos artículos realizados por Michael Porter y su equipo de colaboradores (Porter *et al.*, 1995) (Porter y Van de Linde, 1995) y ha sido corroborada por estudios empíricos (Ihobe, 2002). La *hipótesis Porter* propone que la existencia de normativas y políticas exigentes en temas ambientales actúa como un motor para la innovación, beneficiando la capacidad competitiva de las empresas.

¹⁴ La región vasca cuenta con una trayectoria significativa en el desarrollo de entidades asociativas y redes desde los años 90. Destacando entre otros, los cluster sectoriales o la red de ciencia y tecnología instaurados desde esas fechas.

¹⁵ Véase http://ingurumena.ejgv.euskadi.net/r4911294/es/contenidos/informacion/oficina_cambio_climatico/es_ce/estrategia.html.

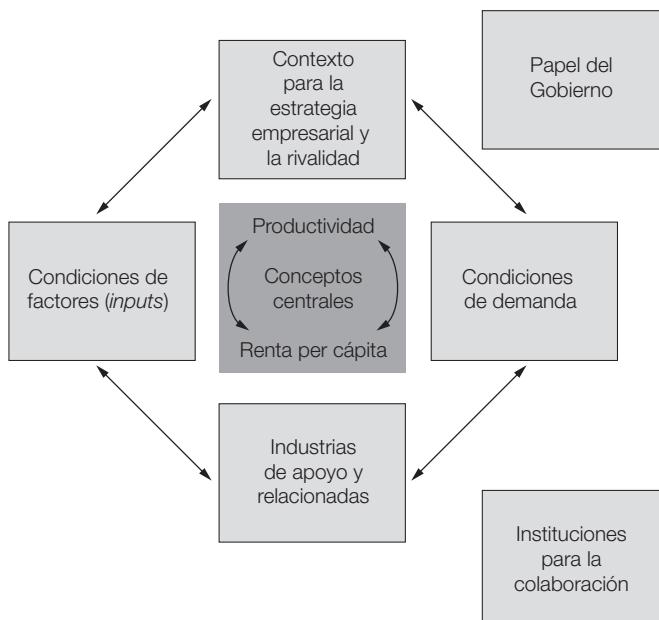
¹⁶ eCo-BERRI puede ser interpretado como una primera experiencia en este sentido.

4.1. Análisis convencional de la competitividad

Una de las herramientas que con más claridad y profundidad nos permitirán comprobar las fortalezas y debilidades de un territorio a la hora de transitar a lo largo de los estadios de desarrollo es el diamante competitivo de Porter. El desempeño económico de una región o país podría explicarse, según la escuela porteriana (IVC-Orkestra, 2008), por una serie de factores de naturaleza microeconómica, ordenados en cuatro grandes conjuntos que compondrían lo que se denomina «el diamante de competitividad».

En el primer gran conjunto se encuentran una serie de factores o *inputs* cuya presencia resulta necesaria para las empresas: disponibilidad de mano de obra cualificada, financiación, infraestructuras físicas, informativas y tecnológicas... En segundo lugar se encontrarían todos los factores constituyentes del contexto para la estrategia y rivalidad de las empresas: competencia y espíritu emprendedor, tamaño empresarial, grado de cooperación y asociacionismo empresarial e inclinación a la I+D. En tercer lugar se valora la existencia de industrias relacionadas y de apoyo, que permitan el acceso local a proveedores y prestadores de servicios competentes y

Gráfico n.º 3
Diamante competitivo de Porter



Fuente: Elaboración propia en base a Porter, 1990.

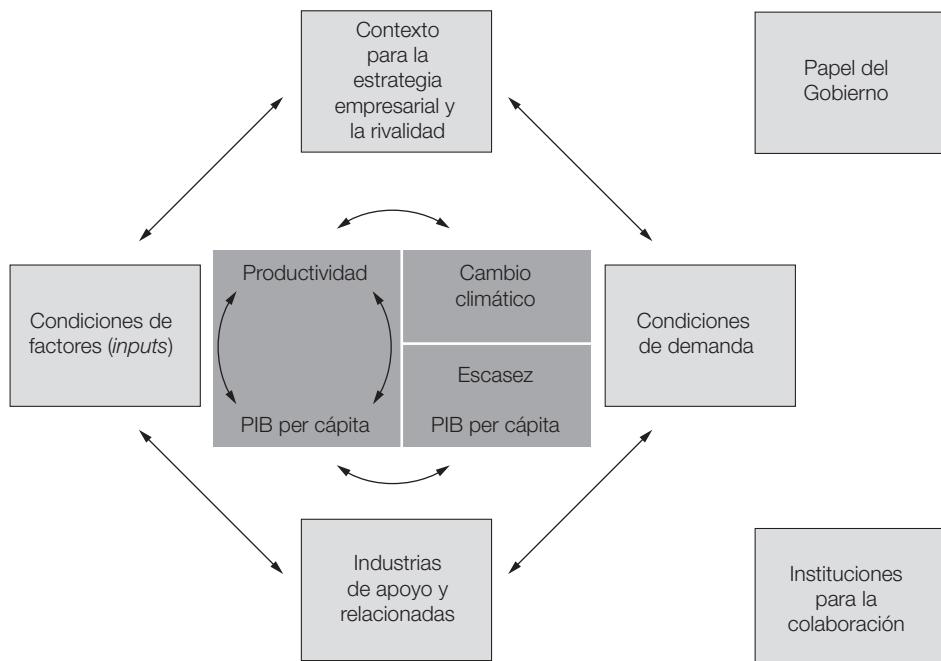
cualificados, y de *clusters* que mejoren la competitividad de las empresas en ellos insertas. Por último se mide la existencia de una demanda local sofisticada y exigente, que permita anticiparse a la de otros lugares y poner en situación de ventaja a la industria local.

La Administración pública puede cumplir varios papeles que influyen en la competitividad de las empresas. Por un lado, es fuente de normativa y legislación. Por otro, tiene a su alcance la posibilidad de estimu-

lar la actividad de las empresas de diversas maneras: actuando como cliente (sofisticado o no), estableciendo incentivos fiscales, llevando a cabo una política industrial concreta, etc.

Las instituciones para la colaboración, como las asociaciones sectoriales o las asociaciones *cluster*, son generalmente instituciones sin fines de lucro que apoyan la competitividad de las empresas favoreciendo la interacción y la cooperación ellas y con los diversos agentes del entorno económico.

Gráfico n.º 4
Diamante de la competitividad sostenible



Fuente: Elaboración propia en base a Porter (1990).

4.2. Hacia un nuevo modelo de competitividad sostenible

Para lograr la competitividad sostenible, la actividad económica deberá ser capaz de generar competitividad económica y, al mismo tiempo, deberá ser capaz de no comprometer la sostenibilidad del medio ambiente para las generaciones futuras. Para ilustrar el desarrollo de un modelo que conjuge sostenibilidad con competitividad, se propone una adaptación del modelo «diamante» de Porter (1990), integrando explícitamente los aspectos de cambio climático y escasez energética junto al concepto central de productividad en dicho diamante¹⁷.

En comparación con el gráfico n.º 3, que reflejaba el análisis de competitividad tradicional, en el gráfico n.º 4 se explicitan las bases analíticas para la realización de un análisis de la competitividad sostenible. La sostenibilidad ambiental será analizada a través de los efectos que un entorno económico condicionado por el cambio climático, y la escasez energética podría llegar a tener en el tejido industrial de un territorio determinado.

La sostenibilidad ambiental de la industria es una característica que, a largo plazo, es necesaria para la supervivencia de la misma. A corto y medio plazo, además, tiene una influencia directa sobre la competitividad de la misma. Solamente aquellas actividades económicas que sean sostenibles podrán tener continuidad en el futuro. En la medida en que la industria de un territorio transite de manera exitosa hacia la sostenibilidad, estará garantizando su propia existencia en el futuro. Además,

hemos de señalar que emprender el camino de la sostenibilidad ambiental puede tener consecuencias beneficiosas para la competitividad económica a corto y medio plazo. El reto consistiría, entonces, en lograr que la competitividad y la sostenibilidad medioambiental se apoyaran mutuamente.

213

4.3. Análisis de la competitividad sostenible en la industria vasca

A la hora de realizar este análisis de competitividad sostenible para la industria vasca se han tenido en cuenta dos clases de fuentes de datos. Por un lado, se ha procedido a la realización de entrevistas en profundidad, semiestructuradas, a altos directivos de empresas industriales radicadas en la CAPV. La segunda fuente la constituyen otros documentos creados por el consorcio eCo-BERRI. A continuación expondremos en detalle las fuentes de información utilizadas.

Entrevistas en profundidad (21 entrevistas):

- Empresas: 7 grandes empresas industriales vascas.
- Universidades:
 - Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.
 - Universidad de Deusto.
- Grupos de investigación en Centros Tecnológicos (Corporación Tecnalia):
 - Labein-Tecnalia, Inasmet-Tecnalia, Robotiker-Tecnalia.
- Instituciones para la colaboración: 5 asociaciones *cluster* industriales más Innobasque.

¹⁷ El modelo se encuentra desarrollado con mayor detalle en Aguado, Elola, Lorenz y Wilson (2009).

– Entidades públicas:

- IHOBE, sociedad pública Gobierno vasco.
- CADEM-Grupo EVE, Gobierno vasco.

Documentos eCo-BERRI¹⁸.

Tomando como referencia toda la información recogida en base a las entrevistas y otros documentos realizados por el consorcio eCo-BERRI, se ha procedido a realizar un análisis cualitativo de la industria vasca en relación a la competitividad sostenible, identificando las fortalezas y debilidades para cada uno de los vértices del diamante de competitividad.

En relación a las condiciones de los factores (*inputs*) estudiaremos en primer lugar las debilidades. A la hora de poner en marcha eco-innovaciones es necesario contar con una mano de obra con capacidad para aplicarlas en el puesto de trabajo. Para ello se hace imprescindible ofrecer formación continua a los trabajadores en este ámbito. Al mismo tiempo, es necesario que la dirección de las empresas industriales conozca las posibilidades tecnológicas en su sector y sean capaces de encontrar formas de integrarlas en sus empresas. En este momento, ambas capacidades son mejorables en la CAPV (entrevistas-empresas e instituciones para la colaboración). Por otro lado, la crisis económica ha afectado a las empresas industriales de una manera notable durante el

año 2009, dificultando el acceso a financiación interna en un contexto de fuerte restricción del crédito por parte de las entidades financieras. Adicionalmente, la administración pública (tanto la autonómica como la local y estatal) está incurriendo en fuertes déficit públicos que limitan las posibilidades de financiar la inversión de la industria en eco-innovaciones. También, mencionaremos la cultura dominante en muchas empresas, según la cual el tránsito hacia la sostenibilidad se percibe más como un coste y una exigencia de la normativa que como una inversión capaz de incrementar la competitividad de la empresa. Este hecho afecta negativamente a la relevancia del vértice de la sostenibilidad ambiental en las prioridades de las empresas industriales de la CAPV (entrevistas-instituciones para la colaboración y empresas).

Las condiciones de los factores cuentan con una serie de fortalezas. En primer lugar, existe una potente red de centros tecnológicos y equipos universitarios al servicio de la industria vasca para poder incrementar su competitividad sostenible. En concreto, la red vasca de centros tecnológicos es la más potente en España y tiene una relevancia significativa en Europa (Orkestra, 2008). Aquellos sectores industriales afectados de una manera más directa por la normativa comunitaria sobre emisiones a la atmósfera (por ejemplo, fundición, química y papel) han realizado (y continúan haciéndolo) fuertes inversiones en materia de sostenibilidad ambiental para cumplir con esta normativa. Como consecuencia, han desarrollado una fuerte sensibilidad hacia este aspecto y la sostenibilidad forma parte de sus planes estratégicos. Estas empresas pueden servir de referencia a otros sectores que, de momento, no se encuentran tan presio-

¹⁸ Aguado, R., Elola, A., Lorenzo, U. and Wilson, J.R. (2009): *Análisis conceptual de la competitividad sostenible*; López, A., A. Padró, I. Arto y P. Menger (2010): *Metabolismo socio-económico de la industria vasca: Cuentas económico medioambientales*. Proyecto ETORTEK eCo-BERRI (informe sin publicar); Ugalde, I. y E. Sáenz de Zaitegui (2010): *Benchmarking Internacional; políticas de CC y eco-innovación*, Proyecto ETORTEK eCo-BERRI (informe sin publicar).

nados por la regulación o por el mercado para insistir en la dimensión de la sostenibilidad ambiental. Las empresas de los tres sectores mencionados han sido capaces de incorporar nueva tecnología, formar a sus recursos humanos, reducir sus emisiones y su consumo de *inputs*, a la vez que han mantenido su competitividad en los mercados internacionales (entrevistas-instituciones para la colaboración) (*El Correo*, 23/02/10). Finalmente hemos de añadir la sensibilidad creciente de los agentes económicos que colaboran con la industria en el ámbito de la competitividad sostenible. Estos agentes son, principalmente, la Administración pública, las asociaciones *cluster*, los centros tecnológicos, la universidad y agencias públicas como SPRI, Ihobe y EVE-CADEM (entrevistas-instituciones para la colaboración, empresas, entidades públicas) (EVE, 2008).

El contexto para la estrategia empresarial y la rivalidad de la industria vasca presenta una serie de debilidades. En primer lugar, la normativa que regula los aspectos ambientales y la misma competencia ambiental se encuentra dispersa entre las diversas administraciones (europea, estatal, autonómica, foral y local). En segundo lugar, existe un gran número de pymes industriales que, precisamente por su reducido tamaño, cuentan con reducidas posibilidades de inversión y eco-innovación. Para superar esta barrera debida al tamaño, las empresas podrían cooperar entre ellas en el marco de las asociaciones *cluster* (Aguado, 2005) (Orkestra, 2008). Un gran número de empresas industriales presentan una actitud reactiva frente a la sostenibilidad: se limitan a reaccionar ante los cambios en la normativa ambiental para cumplir con las nuevas exigencias. Esta actitud hace que las empresas tien-

dan a situarse por detrás de la norma y no integren la variable ambiental como herramienta de competitividad (entrevistas-instituciones para la colaboración, entidades públicas, universidades). Una de las razones que explican este comportamiento es la percepción de la sostenibilidad como un coste adicional que deben afrontar las empresas, en lugar de una oportunidad de incrementar su competitividad (entrevistas-instituciones para la colaboración).

Por otro lado, el contexto para la empresa y la competitividad ofrece diversas fortalezas sobre las que las empresas industriales de la CAPV pueden apoyarse en su transición hacia la competitividad sostenible. En primer lugar, existe un grupo de empresas industriales de tamaño medio y grande, con producto propio, que cuentan con capacidad tractora en sus respectivos sectores para marcar el tránsito de estos últimos hacia la competitividad sostenible. Así mismo, algunas empresas industriales de tamaño mediano, pequeño y grande han incorporado la competitividad sostenible en su estrategia competitiva. Estas empresas pueden servir como referente a otras empresas de su sector (entrevistas-entidades públicas, instituciones para la colaboración). En algunos casos se han producido alianzas estratégicas entre las empresas y los centros tecnológicos, con resultados satisfactorios para ambas partes (entrevistas-centros tecnológicos). Finalmente, es muy destacable la capacidad que han demostrado los sectores industriales más presionados por la normativa ambiental comunitaria (como por ejemplo los ya citados: fundición, química y papel) para adaptarse a ella en plazo y, además, mantener su posición competitiva en los mercados internacionales.

A continuación analizaremos las condiciones de la demanda, empezando con las debilidades. En general, la demanda del consumidor final en la CAPV es poco sofisticada respecto a la sostenibilidad ambiental de los procesos productivos mediante los que se obtienen los productos que adquiere. Esta demanda, en general, toma en consideración variables tales como precio y calidad y no otras como la huella de carbono. La sostenibilidad se percibe asociada a un precio mayor (entrevistas-entidades para la colaboración). Por otro lado, la demanda pública verde por parte de las diversas administraciones de la CAPV es, todavía, reducida (entrevistas-entidades públicas). Las fortalezas de la demanda pasan por la existencia en la CAPV de clientes industriales exigentes en materia de sostenibilidad que traccionan al resto de las cadenas de valor en las que participan. En otros casos, las empresas industriales de la CAPV participan en cadenas de valor internacionales que exigen el cumplimiento de ciertas condiciones de sostenibilidad ambiental. Estas empresas pueden servir de modelo para otras en sus mismos sectores. Por otro lado, es cada vez mayor el número de empresas industriales vascas que, con el objetivo de incrementar su competitividad, comienzan a desarrollar eco-innovaciones (entrevistas-asociaciones cluster).

El vértice industrias de apoyo y relacionadas presenta algunas debilidades. Entre ellas destacaremos la existencia de un número elevado de empresas suministradoras con un margen muy reducido para desarrollar eco-innovaciones. Por el contrario, como fortaleza podemos señalar la existencia de una serie de empresas industriales con producto propio. Estas empresas podrían ejercer de tractoras sobre el resto

de la cadena de valor (suministradores), de manera que las sucesivas eco-innovaciones se vayan produciendo a lo largo de la cadena incrementando la competitividad y la sostenibilidad de la misma (entrevistas-entidades para la colaboración, centros tecnológicos).

En relación a la Administración pública destacaremos tres debilidades. En primer lugar, la dispersión de la legislación aplicable en materia de sostenibilidad, ya que tanto la administración local, como la foral, autonómica, estatal y europea generan normas en este ámbito. En algunos casos, la complejidad de las normativas aprobadas puede ser elevada (entrevistas-empresas, entidades para la colaboración). En segundo lugar, la demanda pública verde es muy escasa. Como se ha dicho anteriormente, no se trata de consignar un gasto adicional a esta partida, sino que la adjudicación de las partidas de gasto habitual de la administración incorpore criterios de sostenibilidad. En tercer lugar, la coordinación entre todas las agencias e instituciones públicas relacionadas con la competitividad sostenible por parte de la industria vasca podrían incrementar su nivel de coordinación. A escala de la CAPV, son los Departamentos de Industria y Medio Ambiente los que están diseñando esta política. A largo plazo, los Departamentos de Empleo y de Educación deberían estar también involucrados. Una mayor coordinación de estos departamentos ahorraría recursos públicos y garantizaría un diseño de política más eficaz (entrevistas-universidades, entidades para la colaboración) (Bermejo, 2007).

En relación a las fortalezas, la primera de ellas consiste en el conocimiento acumulado en materia de competitividad sos-

tenible por parte de las agencias públicas de los Departamentos de Industria y Medio Ambiente del Gobierno vasco implicados en la formulación de la política. La segunda fortaleza consiste en la inclusión de la componente de sostenibilidad ambiental en los diseños de política de competitividad realizados por el Gobierno vasco. De esta manera, la sostenibilidad ambiental no es un añadido a la política de competitividad, sino que desde un primer momento es un pilar que entra en juego junto a la sostenibilidad económica y social. La tercera fortaleza es la existencia de programas específicos para apoyar la eco-innovación. En la mayor parte de los casos se trata de ayudas públicas que complementan una inversión privada de una cuantía mucho mayor. En cuarto lugar, destacar la posibilidad de impulsar una fiscalidad más favorable a la eco-innovación en comparación con la media española, gracias a la capacidad fiscal que mantienen las Haciendas Forales en la CAPV. Por último, es destacable la apuesta económica y política realizada desde la Administración autonómica por el desarrollo de sectores industriales emergentes clave en la transición a la competitividad sostenible: nano y biotecnología, energías renovables y electrónica en el transporte. Una parte importante de esta apuesta se ha materializado en forma de nuevas infraestructuras (bio-incubadoras, laboratorios de investigación), financiación para la creación de empresas en estos sectores, inversión en equipos humanos altamente cualificados y habilitación de espacios físicos para el desarrollo de estos sectores en la Red Vasca de Parques Tecnológicos (SPRI, 2009).

Finalmente, pasaremos a realizar el análisis de las instituciones para la colaboración

en el ámbito de la competitividad sostenible. Las debilidades de este tipo de agente, compuesto principalmente por las asociaciones *cluster* y sectoriales de la CAPV serán analizadas a continuación. En primer lugar, las asociaciones *cluster* de la CAPV se encuentran excesivamente compartimentadas y son, hasta la fecha, poco transversales (Orkestra, 2008) (entrevistas-universidades). El sector industrial de la CAPV se encuentra organizado alrededor de un número de asociaciones *cluster* superior a la decena. Estas asociaciones deberían ser capaces de coordinar su actividad para el conjunto de la industria vasca pudiera avanzar hacia la sostenibilidad. Por otro lado, a pesar del notable salto cualitativo que han supuesto las asociaciones *cluster*, todavía existe un elevado número de pymes industriales no afiliadas a estas asociaciones que podrían quedar ajenas a las políticas industriales.

Destacaremos tres fortalezas de las instituciones para la colaboración en el ámbito objeto de análisis. Por un lado, la política *cluster* se encuentra consolidada a escala de la CAPV y ha demostrado su eficacia para introducir en las empresas la cultura de la calidad, la internacionalización y la innovación. El paso siguiente podría ser el de introducir la competitividad sostenible en la agenda de las asociaciones *cluster* y sus miembros. De hecho, algunas asociaciones *cluster*/sectoriales (como las del papel, química y fundición) ya han incorporado la sostenibilidad como parte fundamental de sus agendas, a petición de las mismas empresas que conforman estas asociaciones (entrevistas-instituciones para la colaboración). En los casos mencionados, la cooperación entre las asociaciones *cluster* industriales, las empresas y los Departamentos de Medio Ambiente y de Industria del Go-

bierno vasco ha resultado positiva. Existe, entonces, una fortaleza en la cooperación institucional realizada a través de las asociaciones *cluster* y otra fortaleza en la capacidad de estas asociaciones para servir de catalizadores de la sostenibilidad y la competitividad en las empresas industriales asociadas.

5. CONCLUSIONES

La economía de la CAPV cuenta con un fuerte sector industrial que depende de forma importante de la energía (la intensidad energética de la economía vasca dobla a la media de la UE15), a pesar de los esfuerzos hechos durante la última reconversión industrial y la aplicación de políticas de ahorro energético. La economía de la CAPV es vigorosa y se presenta a sí misma como competitiva en su entorno. Sin embargo, en el nuevo escenario de escasez energética, la economía vasca es más vulnerable que su entorno al factor carbono debido a su carácter industrial, intensivo en consumo de energía, materiales y electricidad y altamente dependiente de las energías fósiles.

En el caso vasco, la transformación hacia una economía baja en carbono es tecnológicamente posible y socialmente necesaria dada la situación de escasez mundial de energía, además de las responsabilidades que como sociedad industrializada tiene en cuanto a la mitigación de las emisiones de CO₂. Esta transformación requiere emprender cambios estructurales en la mentalidad

de la ciudadanía y en las instituciones de la CAPV. La necesidad de inversión en investigación y tecnología para desligar el uso de combustibles fósiles (y el asociado impacto en el clima) del crecimiento económico implica, también, un salto cualitativo en la estrategia competitiva de las empresas y del territorio.

Otro cambio de mentalidad igual de necesario consiste en interiorizar que una transformación gradual hacia una sociedad post-carbono no genera necesariamente pérdidas en competitividad. Al contrario, aquellas empresas que, mediante procesos de eco-innovación, sean capaces de reducir su impacto ambiental y el consumo de energía y materias primas por unidad de *output* producido, se encontrarán en situación de ventaja competitiva frente al resto de la industria. Mediante innovaciones tecnológicas, sociales (cambios en los patrones de consumo y en la formación de las decisiones de compra) e institucionales (demanda pública verde, legislación ambiental, acompañamiento a la industria) será posible mantener y desarrollar una industria vasca competitiva y sostenible a medio y largo plazo. Asimismo el diseño y una implantación creciente de políticas públicas de última generación, de carácter adaptativo, más integradas y orientadas a la promoción de la eco-innovación, representaría un soporte clave que facilitaría la transición de la industria vasca a la economía baja en carbono, reduciendo las amenazas de vulnerabilidad existentes a corto y medio plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUADO, R. (2005): «Las nuevas herramientas de la política de innovación: los sistemas de innovación y el desarrollo de clústers». *Boletín de Estudios Económicos* n.º 186, vol. LX, pp. 413-430.
- , ELOLA, A., LORENZ, U. y WILSON, J.R. (2009): *Análisis conceptual de la competitividad sostenible*. Proyecto ETORTEK eCo-BERRI. Informe sin publicar.
- ANDERSEN, M.M. (2007): «Review: System transition processes for realising Sustainable Consumption and Production», chapter in Tukker A., Charter, M., Vezzoli, C., Sto, E., Andersen, M. (eds.): *System Innovation for Sustainability. Perspectives on radical changes to sustainable consumption and production*, Greenleaf Publishing, Sheffield.
- ARTO, I. y KERSCHNER, C. (2010): «La economía vasca ante el techo del petróleo: una primera aproximación. *Ekonomiaz* n.º 71 pp. 84-113.
- ASHFORD, N. (2005) : «Government and Environmental Innovation in Europe and North America1», in Weber, M. and Hemmelskamp, J. (eds.) (2005): *Towards environmental innovation system*. Berlin, Heidelberg, New York 2005.
- BENZ, A. y K.H. Götz (1996): «The German public sector: national priorities and the international reform agenda», in A. Benz and K.H. Götz (eds.): *A New German Public Sector? Reform, Adaptation and Stability*. Aldershot: Dartmouth, 1-26.
- BERMEJO, R. (2007): «El paradigma dominante como obstáculo para la sostenibilidad. La transformación epistemológica y paradigmática de la economía sostenible». *Ekonomiaz* n.º 64, pp. 36-71.
- (2010): «Estudio sobre el potencial transformador de las sociedades en emergencia energética». *Ekonomiaz* n.º 71, pp. 136-163.
- BRUNDTLAND, G. (1987). *Nuestro Futuro Común*. Organización de las Naciones Unidas. Nueva York.
- CALLEJA, I. y DELGADO, L. (2004): «European Environmental Technologies Action Plan (ETAP)», *Journal of Cleaner Production*, 1651,181-183.
- CARRILLO-HERMOSILLA, J., DEL RIO, P. y KÖNNÖLÄ, T. (2009): *Eco-Innovation, when sustainability and competitiveness shake hands*, Palve Grave: Great Britain.
- CLEFF, T. y RENNINGS, K. (2000): «Determinants of environmental product and process innovation—Evidence from the Mannheim Innovation Panel and a follow-up telephone survey», in: Hemmelskamp, J., Leone, F. and Rennings, K. (eds.): *Innovation-oriented Environmental Regulation: Theoretical Approaches and Empirical Analysis*. Physica Verlag. Heidelberg (Germany), pp. 331-347.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (1994): *Growth, Competitiveness and Employment: The Challenges and Ways Forward into the 21st Century*, White Paper, Brussels.
- (1999): *The Competitiveness of European Industry: 1999 Report*. Office for the Official Publications of the European Communities. Luxembourg.
- (2004): *The Lisbon Strategy for Growth and Development*, Luxembourg: Office for the Official Publications of the European Communities.
- (2008): *Europe's climate change opportunity: 20-20 by 2020*. Office for the Official Publications of the European Communities. Luxembourg.
- DAMRO, C. y MEDEZ, L. (2003): «Emissions trading at Kyoto: from EU resistance to Union Innovation», *Environmental Politics*, 71-94.
- DEL RÍO, P. (2008): «The empirical analysis of the determinants for environmental technological change: A research agenda.» *Ecological Economics*.
- EL CORREO (2010): *Papeleras vascas reducen en cuatro años un 14% sus emisiones de CO₂*.
- EVE (2008): *El petróleo y la energía en la economía. Los efectos del encarecimiento del petróleo en la economía vasca*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno vasco, Vitoria-Gasteiz.
- FORO DE COMPETITIVIDAD EUSKADI 2015 (2009): «Fomentar la innovación en sostenibilidad». *Documento de trabajo*.
- GOBIERNO VASCO (2008): *El petróleo y la energía en la economía. Efectos económicos del encarecimiento del petróleo en la economía vasca*. Gobierno vasco, Vitoria-Gasteiz.
- GONZALEZ-EGUINO, M. (2010): «Competitividad y fuga de carbono: el caso de la economía vasca». *Ekonomiaz* n.º 71, pp. 114-135.
- GRANT, W., D. MATHEWS y P. NEWELL (2000): *The effectiveness of European Union Environmental Policy*. Houndsills: MacMillan.
- GREEN COWLES, M. (1998): «The changing architecture of big business», in J. Greenwood and M. Aspinwall (eds.): *Collective Action in the European Union*, London: Routledge, 109-25.

- HEMMELSKAMP, J. (2000): «Environmental Taxes and Standards: An empirical Analysis of the Impact on Innovation», in: Hemmelskamp, J., Leone, F. and Rennings, K. (eds.): *Innovation-oriented Environmental Regulation: Theoretical Approaches and Empirical Analysis*. Physica Verlag. Heidelberg (Germany), pp. 303-330.
- HERITIER, A., C. KNILL y S. MINGERS (1996): *Ringing the Changes in Europe. Regulatory Competition and the Transformation of the State*. Berlin: de Gruyter.
- IHOBE (2002). *Medio ambiente y competitividad en la empresa*. Bilbao, Ihobe.
- IPCC (2007): *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Paris.
- IVC-ORKESTRA (2008): *Informe de Competitividad del País Vasco: hacia una propuesta única de valor*. Publicaciones de la Universidad de Deusto, Bilbao.
- JACOB, K. et al. (2005): *Lead Markets for Environmental Innovations*, Springer Verlag: Heindeberg.
- (2005): *Lead Markets for Environmental Innovations*, Physica-Verlag.
- KEMP, R. (2007): «Integrating environmental and innovation policies.» In: Parto, S. Herbert-Copley, B. (eds.): *Industrial innovation and environmental regulation: Developing workable solution*. Unite Nations University Press. Tokio, pp. 258-282.
- (1997): «Environmental policy and technical change: A comparison of the Industrial policy strategies to promote eco-innovation», EUNIP 2008.
- KNILL, C. y D. LENSCHOW (2002): *Private Actors and the State. Internationalization and Changing Patterns of Governance*, Governance 15 (1), 41-63.
- KÖNNÖLÄ, T. y UNRUH, G.C. (2007): «Really changing the course: The limitations of environmental management systems for innovation.» *The Journal of Business Strategy and the Environment* 16(8), pp. 525-537.
- LENSCHOW, A. (1999): «The Greening of the EU: the common agricultural policy and the structural funds», *Environment and Planning C: Government and Policy*, 17:1, 91-108.
- LIEFFERINK, D. y M.S. ANDERSEN (1998): «Strategies of the green number states in EU environmental policy-making», *Journal of European Public Policy*, 5-2, 254-70.
- LÓPEZ, A., A. PADRÓ, I. ARTO y P. MENGER (2010): *Metabolismo socio-económico de la industria vasca: Cuentas económico medioambientales*.
- Proyecto ETORTEK eCo-BERRRI. Informe sin publicar.
- MARTÍNEZ, J. y R. AGUADO (2009): «Incentivos fiscales en I+D en el País Vasco: un análisis comparado con la UE». *Boletín de Estudios Económicos*, vol. LXIV, núm. 197, pp. 335-358.
- MOL, A.P.J., D. LIEFFERINK y V. LAUBER (2000): «Epilogue: conclusions and policy implications», in A.P.J. Mol, V. Lauber and D. Liefferink (eds.): *The Voluntary Approach to Environmental Policy: Joint Environmental Policy-making in Europe*. Oxford: Oxford University Press, 218-26.
- OCDE (1992). *Technology and the Economy: The Key Relationships*. OECD. París.
- PASCUAL, U. y A. BONILLA (2009): *Contextualización: Cambio Climático (CC), Escasez Energética (EE) y consecuencias económicas*. Proyecto ETORTEK eCo-BERRRI. Informe sin publicar.
- PORTER, M. (1990): *The Competitive Advantage of Nations*. McMillan Press Ltd, Londres.
- (1995): «Green and Competitive: Breaking the Stale-Mate», *Harvard Business Review*, sept.-oct. 1995.
- PORTER, M. y VAN DE LINDE, C. (1995): «Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship», *Journal of Economic Perspectives*, vol. 9, number 4 Fall 1995, pp. 97-118.
- (1995): «Green and competitive: Ending the stalemate.» *Hav. Bus. Rev.* 73(5), pp. 120-134.
- REID, A. y MIEDZINSKI, M. (2008): *Eco-Innovation*. Final Report for Sectoral Innovation Watch. Tech-nopolis Group.
- RENNINGS, K. (1998): «Towards a Theory and Policy of Eco-Innovation, Neoclassical and (Co-Evolutionary Perspectives», *ZEW Discussion Paper* 98-24.
- SKJAERSETH, J.B. (1994): «The climate policy of the EC: too hot to handle?» *Journal of COMMON MARKET STUDIES*; 32:1, 25-45.
- SPRI (2009): *Memoria anual 2008*. SPRI, Bilbao.
- UGALDE, I. y E. SÁENZ DE ZAITEGUI (2010), *Benchmarking Internacional: Políticas de CC y eco-innovación*, Proyecto ETORTEK eCo-BERRRI. Informe sin publicar.
- WILSON, J.R. (2008): «Territorial Competitiveness and Development Policy», *Orkestra Working Paper Series in Territorial Competitiveness Number 2008-02*, San Sebastian, Spain.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (1987): *Our Common Future: Report of the*

World Commission on Environment and Development. Annex to United Nations General Assembly Document A/42/427-Development and International Co-operation: Environment, August.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF) (2008): *The Global Competitiveness Report 2008-9*. World Economic Forum, Geneva.

YÜKSEL, H. (2008): «An empirical evaluation of cleaner production practices in Turkey.» *Journal of Cleaner Production* 16(1), pp. 50-57.

ZITO, A. (1995): «Integrating the environment into the European Union: the history of the controversial carbon tax», in C. Rhodes and S. Mazey (eds.): *The State of the European Union*. Boulder: Lynne Rienner Publishers, 431-48.

Retos y oportunidades para la transición de la edificación hacia la sostenibilidad en la CAPV

222

Por su aportación al PIB, el volumen de puestos de trabajo que genera y su repercusión medioambiental, la edificación es uno de los sectores clave en la actual transición de la sociedad hacia la sostenibilidad. Los retos del cambio climático se trasladan al mundo de la edificación como la necesidad de reducir drásticamente el consumo energético de los edificios e incorporar las energías renovables. La multitud de agentes implicados en este proceso y la estrecha interdependencia entre los mismos hace necesario abordar el problema desde la perspectiva de *cluster* de la edificación, que aunque tradicionalmente ha sido conservador en innovación, en los últimos años ha comenzado a adquirir conciencia de la importancia de la eco-innovación. Actualmente existe una amplia gama de productos, soluciones constructivas y líneas tecnológicas de investigación que pueden hacer realidad a medio plazo los edificios «Zero Carbon». Para reforzar la competitividad de la industria de la CAPV en el marco de una economía baja en carbono, es necesario que la Administración cree un entorno favorable mediante políticas que potencien la eco-innovación.

BPGd-ri egindako ekarpena, sortzen dituen lanpostuen kopurua eta ingurumenean duen eragina dira eta, eraikuntza funtsezko sektoreetako bat da gizarteak iraunkortasuneko duen trantsizioan. Klima-aldaketaren erronak eraikuntzaren mundura igoen dira, eraikinen energia-konsumoa zorratz murritzeko eta energia berriztagarriak sartzeko beharren ondorioz. Prozesu honetan hainbat eragilek parte hartzen dutenez eta horien artean elkarrekiko mendekotasun estua dutenez, eraikuntzaren cluster ikuspegitik aztertu behar da arazoa; izan ere, berrikuntzari dagokionez eraikuntza tradizioz kontserbadorea izan den arren, azken urteetan ekoberrikuntzaren garrantzia konturatzen hasi da. Gaur egun hainbat produktu, eraikuntza-irtenbide eta ikerketarako teknologia-ildo daude, epe ertainean «Zero Carbon» izeneko eraikinak egon ahal izan daitezen. EAEko industriak karbono gutxi darabilen ekonomiaren eremuan duen lehiakortasuna indartzearen, Administrazioak aldeko ingurua sortu behar du, ekoberrikuntza bultzatuko duten politiken bitarbez.

In terms of its share of GDP, the number of jobs that it provides and its environmental repercussions, building is a key industry in the current transition towards sustainability in society. The challenges of climate change translate in the building industry as a need to drastically reduce energy consumption in buildings and incorporate renewables. The huge number of players involved in the process and the close interdependence between them mean that the problem must be tackled from the viewpoint of building industry clusters. Although the industry has traditionally been conservative in its view of innovation, it has begun to realise the importance of eco-innovation in recent years. There is now a wide range of products, construction systems and lines of technological research that may in the medium term result in zero carbon buildings. To reinforce the competitiveness of the industry in the Autonomous Community of the Basque Country the public authorities need to create a favourable context through policies to foster eco-innovation.

Nagore Tellado Laraudogoitia, Amaia Uriarte Arrien*,
Igone Ugalde Sánchez, Eguzkiñe Saenz de Zaitegui Tejero,
Ana Huidobro Rubio, Rakel García Alonso

Tecnalia

Usue Lorenz Erice

Orkestra

Jon Leonardo Aurtenetxe

Fundación Deusto

Javier Muniozguren Colindres, Héctor Morillas Loroño

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea

223

ÍNDICE

1. Introducción
 2. Caracterización del ‘cluster’ de la edificación y su transición hacia la sostenibilidad
 3. El contexto de cambio climático y el reto de la eficiencia energética
 4. Tecnologías para la edificación ‘zero carbon’
 5. Transición del ‘cluster’ de la edificación vasca hacia la sostenibilidad
 6. Primeras reflexiones para la política de eco-innovación en Euskadi
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: *cluster* edificación, eficiencia energética, renovables, políticas de eco-innovación, País Vasco, sostenibilidad.

Keywords: building cluster, energy efficiency, renewables, eco-innovation policies, Basque Country, sustainability.

N.º de clasificación JEL: L74, L75, Q49, Q55.

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo aborda el creciente protagonismo alcanzado por la edificación sostenible como uno de los retos más signifi-

cativos a abordar en el marco de la Unión Europea en esta década. También muestra la transición que este sector está ya protagonizando con el desarrollo de eco-innovaciones, como nuevas tecnologías y procedimientos de gestión de la energía y de su proceso productivo, dando a conocer algunos de los resultados más significativos obtenidos en el marco del Proyecto ETORTEK «Eco-BERRI, Eco-Innovación en el País Vasco: Políticas, Tecnologías y Competitividad» en su parte dedicada al

* Agradecimientos: este artículo se basa en los resultados de las actividades desarrolladas en el proyecto de investigación «eCo-BERRI: Eco-innovación en Euskadi: Políticas, Tecnología y Competitividad», desarrollado en el marco del «Programa ETORTEK. Proyectos de Investigación Estratégica» del Departamento de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno Vasco.

estudio de la edificación en su transición hacia la economía baja en carbono.

El artículo subraya el significado que ha tomado la edificación sostenible especialmente en Europa en los últimos años. Los principios de la edificación sostenible han sido definidos en la Norma ISO 15292, que acentúa la necesidad de abordar este problema desde una perspectiva eminentemente holística. En otras palabras, parece que la perspectiva de *cluster* o de cadena de valor se impone a la hora de abordar tanto analítica como experimentalmente el fenómeno de la sostenibilidad en la edificación. Esta aproximación ayuda a comprender las distintas realidades y visiones coexistentes, así como a mejorar la sostenibilidad desde la perspectiva no ya del *output* final, sino también del impacto medioambiental de los distintos componentes que conforman la cadena de valor de la edificación.

La complejidad derivada de la problemática del cambio climático y de la eficiencia energética en la edificación hace necesario establecer objetivos parciales para alcanzar su cumplimiento. En este marco, la Unión Europea consciente de la gran potencialidad que encierra el *cluster* de la edificación para mitigar el Cambio Climático ha promovido el concepto de edificio «Zero Carbon», o *incluso energéticamente positivo*, como un desideratum a alcanzar a medio y largo plazo. Al hilo de este concepto, Europa también ha establecido un marco regulatorio rico, destacando la Propuesta de Directiva de Rendimiento Energético de los Edificios (2008) que endurece aun más las directivas anteriores. Asimismo, en el marco de la Unión Europea se han establecido redes tecnológicas que integran a los diferentes agentes del sistema de innovación y establecen de forma consensuada

las prioridades de Investigación y Desarrollo para los próximos años en el ámbito de la eficiencia energética en los edificios. Este tipo de redes también es útil para el intercambio de información y de conocimiento entre las distintas organizaciones del continente europeo, tanto del ámbito científico-tecnológico como del empresarial. El afianzamiento de la eficiencia energética en la edificación como ámbito de actuación e inversión se plasma también en el Plan de Recuperación Económico Europeo.

Desde la perspectiva de la eco-innovación, la edificación sostenible genera oportunidades significativas en el ámbito del desarrollo científico y tecnológico, tal como este artículo recoge. En este sentido destacarían las tecnologías orientadas a reducir la demanda térmica del edificio. Por ejemplo, las orientadas a mejorar el aislamiento de la envolvente (paneles de vacío (VIP), fibras naturales, aerogeles...), aumentar su inercia térmica (materiales de cambio de fase (PCM), al almacenamiento térmicoquímico...) o controlar la ganancia solar (vidrios con control solar, elementos de soportealiento...).

La generación renovable de energía en el edificio o en el barrio conlleva el desarrollo de nuevos sistemas microenergéticos. Hasta el momento la energía fotovoltaica en el edificio ha permitido la venta de electricidad a la red pero estas tecnologías no permiten todavía el autoabastecimiento a nivel micro. Junto con el desarrollo de las renovables y los sistemas de acumulación adaptados a este medio, también se contempla la necesidad de desarrollar sistemas inteligentes de gestión a través de las Tecnologías de la información. La industrialización del sector es un facilitador para el aumento de la eficiencia y la sostenibilidad en este *cluster*.

Respecto al caso vasco, hay que destacar la relevancia de la edificación desde la perspectiva de *cluster*, en el que se engloban sectores de peso significativo en el valor añadido y empleo regional, como la construcción, la siderurgia, el vidrio o el cemento, entre otros.

En general, el *cluster* de la edificación se caracteriza por integrar un conjunto de sectores de baja y media intensidad tecnológica y con un tipo de innovación poco sistemático. Sin embargo, a pesar de estas restricciones de partida, el *cluster* regional demuestra haber iniciado su transición hacia una economía baja en carbono, introduciendo nuevas áreas científicas así como desarrollando de forma creciente nuevos nichos tecnológicos bajos en carbono.

La administración a diferentes niveles desarrolla un papel muy destacado a la hora de promocionar iniciativas e instrumentos para la promoción de una edificación sostenible, tanto en la producción como en el consumo. Este artículo destaca por ello ese papel primordial que tienen las políticas en la sostenibilidad, no sólo en la protección del medio ambiente, sino también en la promoción de nuevas tecnologías bajas en carbono en el entorno de la edificación.

2. CARACTERIZACIÓN DEL 'CLUSTER' DE LA EDIFICACIÓN Y SU TRANSICIÓN HACIA LA SOSTENIBILIDAD

2.1. La edificación sostenible

El término «construcción sostenible» nace para describir la responsabilidad que tiene la industria de la construcción en el avance hacia la sostenibilidad. Así, en la primera conferencia internacional sobre cons-

trucción sostenible celebrada en 1994 en Florida (EE.UU.), se establecieron las bases de esta nueva disciplina. El organizador de la conferencia, el profesor C.J. Kibert, sugirió que por construcción sostenible se puede entender la «creación de entornos construidos saludables mediante la eficiente utilización de los recursos y bajo principios ecológicos» (Richard Hill *et al.*, 1997).

La norma ISO 15392 «*Sustainability in building construction-General Principles*» define la sostenibilidad como el estado en el que los componentes del ecosistema y sus funciones se mantienen para las generaciones presentes y futuras. En la edificación, el desarrollo sostenible es el ámbito que relaciona las actividades, productos y servicios utilizados en los trabajos de construcción y el uso de los edificios; de forma que contribuyan al mantenimiento de los componentes¹ de los ecosistemas y sus funciones para las futuras generaciones. Es decir, la «*edificación sostenible*» se concibe desde una aproximación holística, teniendo presente todo el ciclo de vida del edificio, mediante la integración de todas sus etapas (manufacturado del producto, diseño y construcción; uso y mantenimiento; y demolición y gestión de residuos) y los agentes involucrados en su desarrollo. Por lo tanto, los distintos agentes involucrados no pueden ser analizados de forma independiente, si no que es necesaria una visión integrada de todo el proceso.

2.2. El 'cluster' de la edificación

Esta visión integral se puede entender como un sistema bidimensional que interre-

¹ Los componentes de los ecosistemas incluyen plantas y animales, así como a las personas y su entorno físico, incluyendo un balance de las necesidades económicas, ambientales, sociales y culturales.

laciona a los agentes directamente implicados en el proceso constructivo y las empresas manufactureras de productos para la edificación. Esas dos dimensiones son las siguientes:

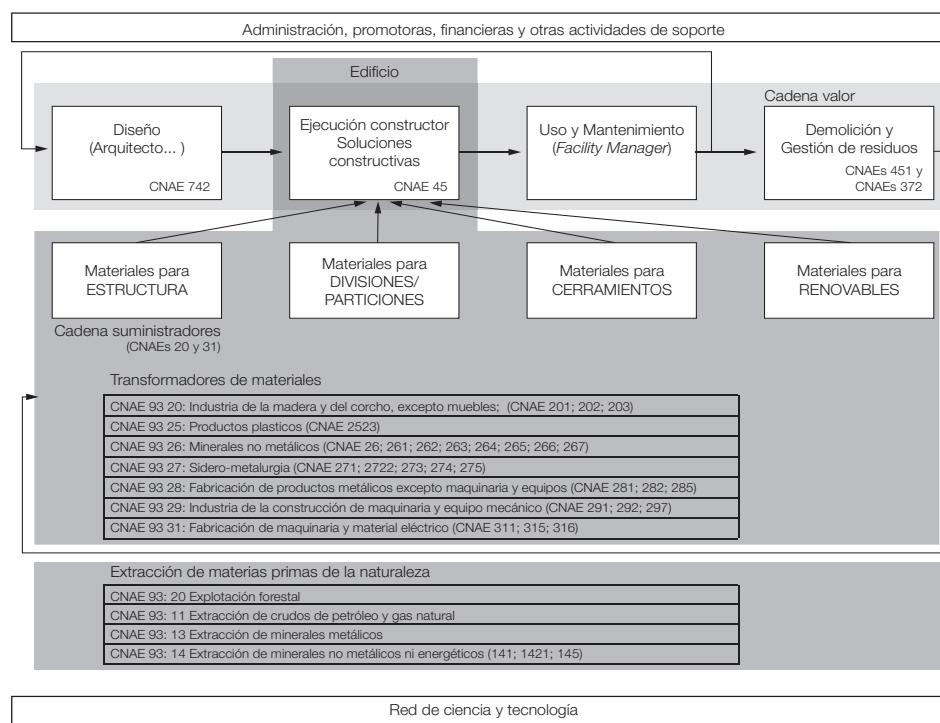
1. La *cadena de valor*, que engloba lo que tradicionalmente se ha denominado sector de la construcción, abarcando el diseño, ejecución y construcción, uso y mantenimiento del edificio y la demolición y gestión de los residuos.

2. La *cadena de suministradores*, constituida por el sistema de empresas manufactureras de productos para la edificación, incluyendo desde la extracción de materias primas hasta la manufactura de los sistemas constructivos.

Además, existe otra relación de entidades de soporte como son la administración, centros de investigación, inmobiliarias, aseguradoras, entidades financieras, etc., que con su intervención pueden condicionar la forma de construir.

Gráfico n.º 1

‘Cluster’ de la edificación



Fuente: Elaboración propia.

Este conjunto de agentes constituyen el *cluster* de la edificación. De acuerdo con la definición de Porter (Porter, 1998) un *cluster* es «un grupo de empresas interconectadas y de instituciones asociadas, ligadas por actividades e intereses comunes y complementarios, geográficamente próximas». Desde la perspectiva de eCo-BERRI, podría decirse por tanto, que el grupo de actividades y agentes implicadas en el conjunto de actividades de la cadena de valor, cadena de suministradores y las actividades de soporte, forman un *cluster*.

El gráfico n.º 1 representa el citado *cluster* de la edificación y detalla los sectores (CNAES) que se consideran como integrantes en el *cluster* de la edificación para nuestro análisis.

Esta aproximación de *cluster* permite optimizar las tecnologías individuales, explotar las sinergias y lograr una eficacia a mayor escala que la permitida por una actuación sobre el edificio individual (WBCSD, 2009a).

2.3. Características del 'cluster' de la edificación

El *cluster* de la edificación debe transitar hacia la sostenibilidad, reduciendo el consumo de recursos y su impacto sobre el entorno natural. Si bien esta reducción es técnicamente factible, en la actualidad gran parte de los recursos están infrautilizados como consecuencia del mal diseño, tecnología no optimizada o comportamientos no apropiados. Se requiere experiencia y financiación para desarrollar y poner en práctica medidas que contribuyan a la mejora del comportamiento ambiental de los edificios; sin embargo, resultará difícil que la transformación tenga lugar únicamente me-

diante mecanismos de mercado dadas las particularidades que presenta el *cluster*.

En efecto, el *cluster* de la edificación es un sector muy complejo debido, entre otras cuestiones, a la heterogeneidad tanto desde el punto de vista del producto como de los agentes que lo componen, lo que implica que no se pueda aplicar una única solución o criterio global a todas las situaciones (y en consecuencia, no se puede aplicar una única solución o criterio global a todas las situaciones). En cuanto a tipos de edificios y perfiles de consumo se refiere, cabe destacar que son muy diferentes dependiendo de la región o país, de la zona climática, del tipo de edificio, de la localización y de la antigüedad. Así, las necesidades de rehabilitación, las dificultades técnicas y las limitaciones económicas serán diferentes para un edificio existente que para un edificio nuevo.

Respecto a la propiedad y uso del edificio, se puede hacer una primera clasificación en la que se diferencien edificios residenciales y edificios del sector terciario o comercial, tales como bancos, oficinas, comercios, hoteles, centros educativos, etc.

Igualmente, hay que destacar que el *cluster* está caracterizado por una gran fragmentación y un ámbito temporal de actuación acotado para cada uno de los agentes de la cadena de valor. El actual proceso es lineal y secuencial, la baja interacción entre los agentes implicados: promotores, proyectistas (arquitectos e ingenieros), constructoras, suministradores de productos y usuarios del edificio, contribuye a que no se contemple la sostenibilidad del edificio desde una aproximación integral o de conjunto.

Otro factor determinante es que el consumo real del edificio depende tanto del comportamiento del usuario final del mismo

como de otros factores que son determinados en el diseño y la ejecución del proyecto por los distintos agentes integrantes del *cluster*, como por ejemplo la envolvente del edificio, el rendimiento del equipamiento doméstico y la generación mediante renovables.

La compleja interacción entre la multitud de agentes que intervienen en el ciclo de vida de un edificio y la toma de decisión basada en criterios económicos a corto plazo son una de las principales barreras para que el sector de la edificación transite hacia la sostenibilidad.

2.4. Impactos ambientales del ‘cluster’ de la edificación

En la Unión Europea se construyen o renuevan cada día miles de edificios donde la gente trabaja y vive, y en definitiva, pasa gran parte de sus vidas. A su vez, el *cluster* de la edificación es consciente de:

- Ser el mayor consumidor final de energía de la UE15 (en torno al 40%).
- Contribuir al 36% de las emisiones totales de CO₂ y aproximadamente a la mitad de las emisiones de los sectores no cubiertos por el comercio de derechos de emisión de CO₂ (EUE *trading system*), conocidos también como sectores difusos.
- Generar aproximadamente de 287-495 kg de residuos sólidos urbanos / habitante y año.
- Consumir el 80% del agua potable.
- Ocupar en cuanto a suelo respecta, un nivel promedio de 117 personas por km²; con más del 80% (377 millones) de la población de la UE27 residiendo en ciudades.

Además, el uso del suelo tiene impactos ambientales en cuanto a la destrucción de hábitat naturales y del entorno. Los actuales ratios de artificialización del suelo debido a la urbanización y a la construcción de infraestructuras viales en muchos países de la UE son muy altos (E2BA, 2009).

En resumen, el sector de la edificación tiene una gran responsabilidad en la reducción de los impactos y la obligación de ser más respetuoso con el medio ambiente.

3. EL CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO Y EL RETO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.1. Retos y potencial de mejora en la edificación

En un mundo con recursos limitados y serios impactos ambientales, la transición hacia estilos de vida más sostenibles está adquiriendo cada vez mayor relevancia. En el siglo XX los problemas medioambientales se consideraban locales, sin embargo en la actualidad estos problemas se conciben más complejos y relacionados con todas las fases del ciclo de vida del producto. En cualquier caso, se ha de ser consciente de que no es posible reducir todos los impactos ambientales a cero, por lo que se hace necesario establecer objetivos parciales, teniendo presente que la mejora en determinados aspectos ambientales, puede redundar en algunos casos en el peor comportamiento en otros ámbitos, por lo que será necesario priorizar unos sobre otros (Ljungberg, 2007).

En sus comienzos, la edificación sostenible se había centrado en el aspecto ecológico de los materiales. De ahí el ejemplo de la bio-construcción, basada en el empleo

de materiales de construcción de bajo impacto ambiental, preferentemente reciclados y fácilmente reciclables, y cuyo empleo resultara saludable (libres de química nociva) para los habitantes. En la actualidad, y dada la prioridad del problema del Cambio Climático y el objetivo de la Comisión Europea de «limitar el calentamiento mundial a 2°C respecto a los niveles preindustriales» (EC, 2007), las tendencias actuales en el ámbito de la sostenibilidad de la edificación priorizan la consecución de edificios *zero-carbon* o *low-energy*.

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de los edificios se pueden reducir incrementando la eficiencia energética y minimizando la energía incorporada en los productos de construcción; utilizando combustibles con menor contenido en carbono o generados mediante renovables; o controlando las emisiones de otros gases de efecto invernadero. Pero son las medidas de eficiencia energética, tanto en edificios nuevos como en existentes, y la generación local mediante renovables, aquéllas que mayores oportunidades presentan por su capacidad de mitigación, su relación coste-beneficio y por la gran diversidad de medidas existentes (IPCC, 2007).

Por otra parte la mejora de la eficiencia energética en los sectores de consumo final es una de las prioridades de la Agenda de la Comisión Europea para incrementar la seguridad energética, siendo el sector residencial y terciario aquel con mayor potencial de reducción relativa (EC, 2003).

Europa debe actuar para asegurar el abastecimiento sostenible y competitivo de energía. El cambio climático, la seguridad en el suministro y la competitividad son términos interrelacionados que requieren un cambio en la forma en la que Europa produce,

suministra y consume energía. El desarrollo de la tecnología es vital para la consecución de los objetivos en política energética europea adoptados por el Consejo Europeo el 9 de marzo del 2007 (EC, 2007).

Así, cuando el debate actual a nivel mundial se centra en establecer objetivos y adquirir compromisos vinculantes de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para el periodo post-Kioto, la Unión Europea se ha fijado el denominado objetivo 20-20-20, que consiste en reducir en un 20% las emisiones de GEI respecto a los niveles de emisión de 1990, mejorar la eficiencia energética en un 20% y cubrir mediante fuentes renovables el 20% de esta demanda para el año 2020 (EC, 2007 y EC, 2008a).

La hoja de ruta marcada por la Agencia Internacional de la Energía para el 2050 analiza las inversiones necesarias para disminuir el consumo energético y las emisiones de CO₂. Por los ahorros que reportan y el coste de la implementación, las oportunidades más factibles, estriban en la implantación de medidas que aumentan la eficiencia energética en los sectores de consumo final: transporte, equipamiento industrial y edificación (Mckinsey, 2009).

Los últimos estudios estiman que existe un potencial de reducción a nivel mundial de un 29% de las emisiones del sector residencial y comercial para el 2020 siendo, siendo el mayor de los sectores de consumo final (IPCC, 2007). La importancia del sector de la edificación para conseguir una economía baja en carbono, hace necesaria una conversión a gran escala de los edificios hacia modelos de bajo consumo.

A nivel individual, los nuevos edificios tienen el mayor ahorro de energía que integran la fase de uso desde las fases iniciales

de diseño (con ahorros superiores al 75% respecto a un edificio existente); sin embargo, cuando se contempla el conjunto total de edificios, el mayor potencial de ahorro absoluto lo presenta la rehabilitación energética de los edificios existentes y la sustitución de las instalaciones de calefacción y refrigeración por otras más eficientes (IPCC, 2007).

En la actualidad existe una extensa selección de tecnologías y *know-how* que pueden contribuir a conseguir *Net Zero Energy Buildings* y que además presentan períodos de retorno a la inversión atractivos (entre 7 y 11 años) (McKinsey, 2009) (F. Entorno, 2009). Sin embargo, no acaban de penetrar en el mercado por fallos o barreras de mercado (Brown, 2001).

Si bien este artículo se centra en la eficiencia energética por su impacto en el cambio climático —el reto más urgente desde la perspectiva de la sostenibilidad— no queremos obviar que cabe esperar que en las próximas décadas se agraven los problemas derivados de una gestión ineficiente de los recursos materiales, especialmente los recursos metálicos y minerales. Con una población mundial creciente y el desarrollo de los países emergentes, la demanda de minerales metálicos y no metálicos se incrementará a nivel mundial. Hasta ahora el crecimiento de la demanda se ha subsanado con una mayor explotación de recursos naturales —abriendo nuevas minas o mejorando las tecnologías de extracción—, pero esta tendencia no se podrá mantener en el transcurso del siglo xxi. Este problema ya se ha hecho palpable en el acero y el aluminio ante el desarrollo que están experimentando países como China e India.

La escasez de recursos es un problema complejo y de gran interés para el clus-

ter de la edificación no sólo porque es un sector de uso masivo de recursos naturales, sino porque provoca un gran impacto medioambiental. De hecho más del 50% de los materiales extraídos de la tierra se transforman en materiales de construcción y productos para este sector. Estos componentes son utilizados, además, para producir bienes con un largo ciclo de vida y un bajo nivel de reemplazo y demolición, disminuyendo su disponibilidad en el mercado.

El problema de los recursos materiales es global. La transición al uso sostenible de los materiales será igual de compleja que la lucha contra el cambio climático, la eficiencia energética o la sustitución de combustibles fósiles por energías renovables. No obstante, el conocimiento que se está adquiriendo sobre la transición en estos ámbitos será extrapolable a la eficiencia de recursos (M2i, 2009).

3.2. Marco de referencia europeo para la edificación

Como un primer paso para dar respuesta a los retos anteriormente citados la Unión Europea aprobó la Directiva 2002/92/CE sobre Eficiencia Energética en Edificación (DEEE o *EPBD Energy Performace of buildings Directive*). De acuerdo a esta directiva, los Estados miembros deben establecer los requisitos mínimos de eficiencia energética y desarrollar una metodología para su cálculo; llevar a cabo inspecciones periódicas de calderas y sistemas de aire acondicionado; y otorgar la certificación energética de edificios (2002/92/CE).

La transposición de la DEEE en España tuvo lugar mediante el RD 314/2006, por el que se aprueba el Código técnico de la edi-

ficación en el que se especifican los requisitos de seguridad y habitabilidad que deben cumplir los edificios; el RD 47/2007 o Procedimiento para la certificación energética de edificios y el RD 1027/2007 o Reglamento de instalaciones térmicas —RITE—; quedando pendiente la aprobación del Real Decreto que transpone la Certificación de edificios existentes para completar las exigencias de la DEEE.

En el transcurso del 2008 se presenta la Propuesta de Directiva relativa al rendimiento energético de los edificios o texto refundido de la Directiva 2002/91/CE (COM (2008) 780 del 13.11.2008) donde los requisitos y los límites de aplicación propuestos en el ámbito de la eficiencia energética son más estrictos que en la Directiva precedente. Las nuevas enmiendas en el ámbito de esta propuesta de Directiva son aún más ambiciosas, y proponen que los edificios sean energéticamente autosuficientes y con emisiones neutras de CO₂ para el 2019.

En relación con las necesidades de desarrollo tecnológico en eficiencia energética para edificación, la ECTP —*European Construction Technological Platform*— y en especial, la E2BA —*Energy Efficiency in Building Association*— han definido una agenda estratégica de investigación que identifica las prioridades en I+D del sector de la construcción (ECTP, 2005) (E2BA, 2009).

Esta visión sobre la necesidad de desarrollar tecnologías para la eficiencia energética en la edificación, se ha visto respaldada por el «*Plan de Recuperación Económica Europea*» (EC, 2008b). Este plan es la respuesta de la Comisión para reactivar la economía europea, poniendo especial énfasis en la innovación y en la inversión en productos «eco» o verdes para

afrontar los retos energéticos y de cambio climático. El compromiso con la innovación tecnológica se focaliza en tres ámbitos de actuación: el coche eléctrico, la fabricación verde y la eficiencia energética en edificación. Esta última, la «*Iniciativa Europea para los Edificios Eficientes*», está enfocada a fomentar el desarrollo de tecnologías, materiales y sistemas para la reducción drástica del consumo y de las emisiones de CO₂ en edificios y potenciar la acción reglamentaria y de estandarización. Las medidas adoptadas tendrán impacto sobre el cambio climático, las infraestructuras energéticas, la eficiencia energética, las energías renovables y los productos verdes.

Estas iniciativas y el marco regulatorio favorable aprobado en los últimos años representa una oportunidad para el desarrollo e incorporación de nuevas tecnologías y la creación de empleo en el ámbito de la eficiencia energética y la generación mediante energías renovables en la edificación.

4. TECNOLOGÍAS PARA LA EDIFICACIÓN 'ZERO CARBON'

La obtención de un ahorro energético sustancial en el consumo de los edificios pasa por la transformación del *cluster* de la construcción, tanto en el plano técnico como en el de la concienciación de la sociedad y de los profesionales del mismo. En el plano técnico, esta transformación implica una nueva forma de construir y por lo tanto, la necesidad de generar nuevos conocimientos y capacidades. Un posicionamiento temprano en las competencias previstas, permitirá obtener una ventaja competitiva en el mercado respecto a competidores que no se encuentren a la cabeza del cambio. Hay dos líneas de actuación

fundamentales para reducir el consumo energético de los edificios: actuar sobre la demanda del edificio y utilizar energías renovables como fuente de alimentación para satisfacer dicha demanda.

Por otra parte, tal y como se ha comentado en un apartado anterior, se identifican dos áreas de actuación en el *cluster* de la edificación.

- El desarrollo de nuevos edificios confortables, asequibles y con alta eficiencia energética.
- La rehabilitación energética de los edificios existentes.

A nivel europeo, los edificios recientemente construidos muestran niveles de eficiencia superiores a los edificios antiguos, dado que en muchos casos tienen mayores aislamientos y mejores equipamientos. Sin embargo la larga vida de los edificios y el bajo ratio de renovación del parque construido, en torno al 2% (Glass, 2008) (RTD Info, 2000), especialmente en el sector residencial, hace necesaria la rehabilitación de los edificios existentes mediante la mejora de la envolvente y la sustitución de los equipamientos. Debido al gran número de viviendas existentes construidas bajo estándares de calidad menos rigurosos que los actuales, la rehabilitación cuenta con un mayor mercado, y un potencial de ahorro superior al de nuevos edificios eficientes.

Si bien las necesidades tecnológicas y de innovación pueden ser comunes a ambas áreas en algunos casos, en otros será necesario el desarrollo de competencias específicas para cada una de ellas.

A continuación se analizan las tecnologías más relevantes para el desarrollo de edificios «Zero Carbon».

4.1. Reducción de la demanda energética de los edificios

La demanda energética de un edificio, o la energía necesaria para aclimatar los edificios a las condiciones de confort interior viene determinada por numerosos factores, tales como el diseño del edificio (volumen, forma, orientación), su ubicación geográfica, y por tanto las condiciones climáticas de la zona, o las fuentes internas asociadas a su uso. Estos factores son inherentes al edificio y difícilmente modificables en un edificio ya construido, por lo tanto no están asociados al desarrollo de nuevas tecnologías o procesos constructivos para la reducción de la demanda energética.

Sin embargo, la demanda de un edificio se puede modificar mediante la aplicación de tecnologías concretas. A la hora de identificar y valorar estas tecnologías, una primera consideración fundamental es que el comportamiento de un edificio y las estrategias de minimización de su demanda energética son diferentes en función de si se trata de un régimen de calefacción (habitual en periodo invernal) o un régimen de refrigeración (habitual en periodo estival). Por lo tanto, un primer paso a la hora de identificar las tecnologías más adecuadas es priorizar si se desea combatir el frío, como es el caso de los países nórdicos, el calor, como sucede en el sur, o ambos, como en los climas mediterráneos. En este último caso habría que llegar a soluciones de compromiso, dado que una misma solución puede ser positiva para el régimen de calefacción y negativa para el régimen de refrigeración, y viceversa.

La estrategia general para el *régimen de calefacción* consiste en la reducción de las pérdidas de calor y aumento de las ganan-

cias solares a través de la envolvente, mediante tecnologías tales como:

- Aislamiento térmico de la envolvente. Para las zonas opacas cabe destacar los paneles de vacío (VIP), fibras naturales, aerogeles y paneles llenos de gas. Para los elementos semitransparentes destacan los vidrios bajo emisivos, vidrios con aislamiento de aerogel, vidrios con cámara de vacío y policarbonato celular.
- Preacondicionamiento del aire de ventilación mediante recuperadores de calor o serpentines para un precalentamiento natural del aire entrante.

Cuando un edificio funciona en *régimen de refrigeración* la estrategia general para la reducción de su demanda viene dada de fomentar el aumento de las pérdidas de calor y la reducción de las ganancias de calor a través de la envolvente, mediante tecnologías tales como:

- Vidrios con control solar. Se diferencia entre: estáticos, cuyo comportamiento es invariable; inteligentes pasivos, que reaccionan ante las condiciones exteriores; e inteligentes activos, que son controlados mediante sistemas informáticos.
- Elementos de sombreado pasivos (invariables), o los más innovadores que responden en función de las condiciones climáticas exteriores.
- Envoltorios poco absorbentes: reflejan gran parte de la radiación recibida del exterior. Un ejemplo son las envolventes vegetales.
- Ventilación natural, controlada mediante sistemas inteligentes que permiten regular los períodos de entrada

del aire frío del exterior y/o el enfriamiento del aire de entrada mediante microevaporadores de agua.

El aumento del aislamiento en cubiertas, es una solución también recomendable. Las tecnologías aplicables son las mismas que las descritas en el aumento de aislamiento para el régimen de calefacción.

Por último hay tecnologías adecuadas para los dos regímenes mencionados, tales como el aumento de la inercia térmica de la envolvente, que se consigue mediante materiales de cambio de fase (PCM), o el almacenamiento térmico, obtenido mediante sistemas de absorción y desorción.

4.2. Generación de energía a partir de fuentes renovables

El consumo energético de un edificio está destinado a cubrir las necesidades del usuario en cuanto a electricidad, calefacción y agua caliente sanitaria (ACS), principalmente. Aunque según el clima y la zona geográfica parte del consumo energético se emplea también en la refrigeración del edificio.

La generación de la energía que necesita un edificio, a partir de fuentes renovables contribuye a mejorar la sostenibilidad del edificio. Los tipos de energía renovables susceptibles de ser incorporadas al edificio son, en principio, la solar fotovoltaica, la solar térmica, la minieólica, la geotérmica, y la biomasa. Generalmente la totalidad de la energía consumida por un edificio no puede generarse en el propio edificio a partir de una única tecnología de energía renovable, sino de una combinación entre ellas o con otro tipo de fuentes energéticas tradicionales (gas, fuel...).

Esto es debido a que las eficiencias energéticas asociadas a las energías renovables todavía no son muy altas además de la no disponibilidad de forma continua de las fuentes de energía (sol, aire...).

Por esto último parece interesante la incorporación de sistemas de almacenamiento en edificios para poder ajustar la generación y la demanda de energía. Es decir, almacenar la energía generada en periodos de bajo consumo, para poder consumirla en períodos de mayor consumo y baja generación.

Por tanto, en cada edificio se ha de seleccionar la combinación óptima económica-medioambiental de generación de energía y almacenamiento, garantizando el confort al usuario final.

Por otro lado, si la integración de las energías renovables al entorno urbano se hace, en vez de en el edificio, en el barrio o distrito se optimiza la generación y distribución de energía. A su vez, los gastos de inversión y mantenimiento son menores y están compartidos.

Con el fin de facilitar al usuario la instalación y gestión de los sistemas energéticos, está surgiendo un nuevo agente, las ESCO (*Energy Service Companies*). Se trata de empresas de servicios energéticos que diseñan, desarrollan, instalan y financian proyectos de eficiencia energética, cogeneración y aprovechamiento de energías renovables (solar, eólica, etc.) con el objeto de reducir costos operativos y de mantenimiento y mejorar la calidad de servicio del cliente. Asumen los riesgos técnicos y económicos asociados con el proyecto ya que éste garantiza ahorros energéticos y económicos.

A la hora de identificar y valorar las tecnologías concretas para la generación de energía de forma renovable, hay que tener

en cuenta el uso que se desea hacer con la energía generada, es decir, si se quiere conseguir electricidad, calor, frío, o una combinación de ellas. Por ello se puede clasificar las tecnologías de generación de energías renovables en tres ámbitos diferenciados:

- Generación de calor/frío (ACS y climatización).
- Generación de electricidad.
- Sistemas mixtos (electricidad/calor).

Otro ámbito importante no de generación de la energía concretamente, pero si relacionado con ella, es el del almacenamiento de energía (Sistemas de almacenamiento de energía).

Generación de calor

La generación de calor se puede realizar mediante distintos tipos de energías renovables y/o combinación de ellas: geotermia, solar térmica y biomasa. Según sean las características del edificio o si se trata de rehabilitación o nueva construcción unas pueden llegar a ser más adecuadas que otras.

Así, la geotermia resulta más apropiada para viviendas individuales con terreno o para edificios de nueva construcción con calefacción central. Puede cubrir hasta un 100% de las necesidades de ACS (agua caliente sanitaria) y un 70% de las de climatización. Sin embargo, la aplicación de la normativa resulta complicada: subsuelo, aguas subterráneas, medioambientales...

La biomasa puede resultar más adecuada, ya que puede cubrir el 100% de las necesidades de ACS y calefacción. Es aplicable tanto en rehabilitación como en nueva construcción, siempre y cuando el sistema de calefacción sea también cen-

tralizado. Requiere un amplio espacio de almacenamiento del combustible (*pellets* o astillas), y puede presentar problemas de suministro.

La generación de calor mediante colectores solares térmicos es válida tanto para rehabilitación como en nueva construcción, pero tiene dificultades para llegar a cubrir el 30% de la demanda de ACS según la superficie de tejado disponible. Esto ocurre más en edificios ya construidos por sus limitaciones constructivas de espacio y orientación solar, que en los nuevos, que ya están diseñados con orientaciones solares óptimas y mayor superficie en el tejado.

Dentro de estos sistemas de generación de calor se han identificado una serie de posibles nuevas tecnologías o líneas de investigación:

- Geotermia con bomba de calor reversible: es un sistema de climatización (calefacción y/o refrigeración) que utiliza la gran inercia térmica del subsuelo. Las bombas captan calor en un lado del circuito, para liberarlo en el otro. La bomba de calor reversible permite hacer este traspaso de calor en cualquiera de los dos sentidos según se seleccione, con lo cual puede calentar o enfriar el edificio.
- Calderas de biomasa incorporando un sistemas de captación / separación de aguas residuales como combustible para la caldera. Las aguas residuales urbanas, (ARU), están formadas por los afluentes líquidos que genera el ser humano en su actividad diaria. Se trata de residuos de un contenido en agua muy elevado, De este proceso se obtiene un residuo denominado lodos de depuradoras, donde se queda la mayor par-

te de materia orgánica presente en las aguas residuales. Este residuo se puede procesar para obtener biogás, que a su vez, puede utilizarse como combustible.

- La tecnología denominada frío solar consiste en usar la energía solar (bien fotovoltaica o solar térmica) para enfriar el ambiente del edificio mediante un sistema de refrigeración por absorción. Se basa en la capacidad de absorber calor de ciertos pares de sustancias, como el agua y el bromuro de litio o el agua y el amoniaco. Su funcionamiento se basa en las reacciones físico-químicas entre un refrigerante y un absorbente accionadas por una energía térmica, que en el caso de la energía solar es agua caliente.

Generación de electricidad

La Generación de electricidad a nivel doméstico no es muy elevada. Se realiza principalmente mediante sistemas fotovoltaicos que suelen estar enfocados a la venta de electricidad debido al sistema tarifario actual, aunque en un futuro no muy lejano el autoconsumo será el principal fin de este tipo de sistemas. Dada la escasez de superficie solar en edificios (donde puede haberse ya instalado solartérmica) y su baja eficiencia por unidad de superficie (no mayor de 200 W_p/m²) tiene su mayor expansión en las cubiertas de polígonos industriales donde hay mayor disponibilidad de espacio.

La minieólica en edificación es incipiente y su tecnología no está todavía muy desarrollada.

Dentro de estos sistemas de generación de electricidad se han detectado las siguientes tecnologías innovadoras cuya apli-

cación en el edificio puede favorecer a su eficiencia energética:

- Nuevos materiales para la fabricación de células fotovoltaicas (película fina, células orgánicas, termofotovoltaica, nanorecubrimientos) para mejorar la eficiencia y/o mejorar las propiedades requeridas para su integración en diferentes aplicaciones, o para su integración en elementos estructurales del edificio.
- Desarrollo de electrónica para BIPV (MPPT de máximos locales, monitorización y sistemas de detección de fallos, optimizadores de potencia y microinversores...).
- Adecuación de sistemas minieólicos a estructuras arquitectónicas y a entornos urbanizados en cuanto a tamaño, características del viento en dicho entorno, minimización de ruidos, vibraciones e impacto visual...
- Desarrollo de electrónica de potencia inteligente que permita al aerogenerador autoaprender sus curvas de potencia.

Sistemas mixtos o híbridos

Con el objeto de aumentar el rendimiento de los sistemas se están desarrollando sistemas mixtos o híbridos que combinan varias tecnologías para la generación de energía. Algunas de ellas se muestran a continuación:

- Sistemas híbridos fotovoltaicos-solar térmicos, para resolver los dos problemas que restan atractivo a la fotovoltaica que son los prolongados períodos de amortización y su baja eficiencia.

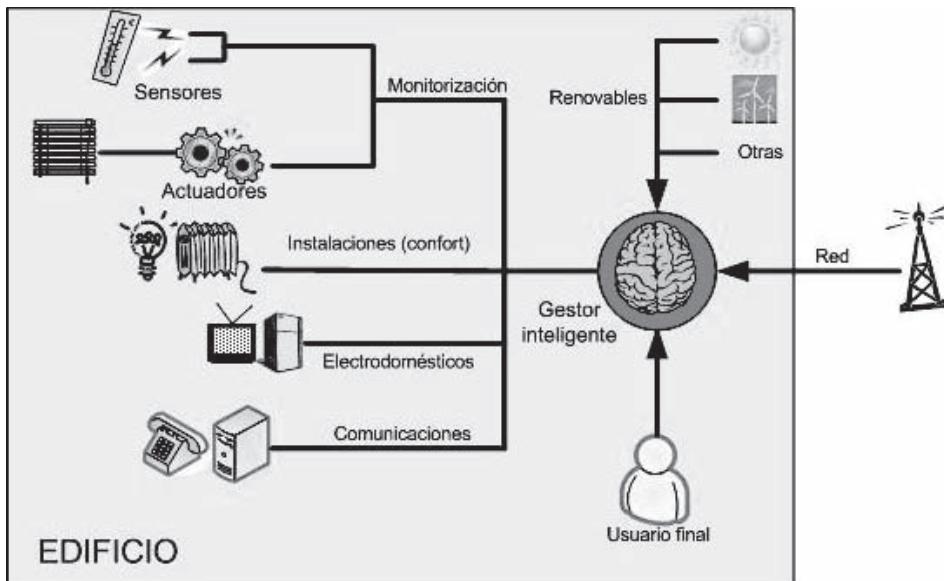
— Sistemas híbridos fotovoltaicos —termodinámica con bomba de calor: Los sistemas híbridos PV — termodinámica utilizan un fluido de baja temperatura en combinación con la bomba de calor, disminuyendo así la temperatura que alcanzan los paneles solares y generando calor para aplicaciones de alta temperatura. Estos sistemas consiguen una mayor eficiencia que los sistemas híbridos fotovoltaicos-solar térmicos convencionales.

— Sistemas híbridos de cogeneración con microturbina generando calor y electricidad simultáneamente.

Almacenamiento de energía

Por último, el almacenamiento de energía generada mediante las fuentes renovables es un campo en el que se están llevando a cabo numerosos estudios, tanto en el almacenamiento de energía en forma de electricidad (pilas NaS, baterías de flujo...) o en forma de calor (almacenamiento térmico mediante sales fundidas, PCMs...). Esto es necesario porque tanto las necesidades de energía del hombre como la producción de energía son muy variables; por lo cual la producción y consumo no siempre se equilibran de manera natural. Por ello, hay que almacenar la energía cuando predomina la producción, para poder consumirla cuando las necesidades sean superiores y la producción no sea suficiente. Adicionalmente, permite otro tipo de servicios de valor añadido, como son disponer de una fuente de alimentación ininterrumpida (UPS) o poder ofrecer servicios de control de calidad de la señal de red cuando se inyecta a la red de suministro.

Gráfico n.º 2
Gestión inteligente de la energía



Fuente: Elaboración propia.

4.3. Integración de soluciones

La implantación en la edificación de las tecnologías anteriormente descritas se complementa con otras tecnologías que permiten una gestión y puesta en obra de las mismas más eficiente, como las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y la industrialización de los procesos constructivos.

4.4. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)

Las tecnologías de la información, TIC, pueden utilizarse para reducir el consumo de energía principalmente en la fase de uso

del edificio, mediante una gestión inteligente de la energía.

Una Gestión Inteligente de la Energía se puede entender como un sistema lógico (implementado sobre una estructura física) cuya misión es garantizar el confort (temperatura, iluminación...) y el correcto funcionamiento de los dispositivos del edificio, eligiendo la configuración más óptima desde el punto de vista de eficiencia energética, siempre teniendo en consideración los requisitos del usuario final.

Las aplicaciones o funcionalidades más comunes de un sistema de gestión inteligente de la energía en edificios o *Building Management Systems (BMS)* son:

- Monitorización remota de parámetros ambientales (temperatura, humedad e iluminación, sobre todo) y la medida de consumos.
- Control inteligente e integrado mediante la automatización de los sistemas del edificio, (tales como la iluminación, calefacción, refrigeración o los sistemas de sombreadamiento), que toma sus decisiones a partir de los valores proporcionados por la red de monitorización del edificio y de las consignas que le lleguen exteriormente (redes de distribución, redes de generación en el propio edificio, estado de la captación pasiva...) para adaptarse a las necesidades reales.
- Red de actuación que automatiza ciertas tareas tradicionalmente manuales (apertura y cierre de ventanas, encendido y apagado de luces...). A partir de las consignas dadas por el sistema de control. Es lo que tradicionalmente se conoce como domótica.
- Sistema predictivo que pueda anticiparse a escenarios futuros evitando así tomar decisiones en el presente que sean incoherentes con la evolución prevista.
- Concienciación del usuario mediante la monitorización, que permite informar al usuario de los consumos, prácticamente en tiempo real y actuar en consecuencia.
- El mantenimiento y gestión de los servicios de generación de energía tales como energía solar fotovoltaica o solar térmica a nivel de edificio, comunidad o red de distribución (REEB, 2009).

De esta manera, un edificio inteligente es aquél cuya regularización, supervisión y control del conjunto de las instalaciones eléctricas, de seguridad, informática, transporte y todas las formas de administración de energías que pueda poseer, se realizan en forma eficiente, integrada y automatizada, con la finalidad de lograr una mayor eficiencia operativa y al mismo tiempo, un mayor confort y seguridad para el usuario, al satisfacer sus requerimientos presentes y futuros.

La tecnología puede ayudar a aumentar la conciencia social de la pérdida de energía, reduciendo el nivel de consumo y además de aportar información útil para la toma de decisiones, siempre y cuando se utilice adecuadamente y no como un sustituto de las medidas de ahorro de energía necesarias. Un ejemplo son los contadores inteligentes —*smart meters*— que indican el consumo instantáneo de cada equipamiento y que permiten alertar a los usuarios de un despilfarro energético. Se ha calculado que el hecho de proporcionar esta información puede reducir el consumo energético hasta en un 15%.

4.5. Proceso constructivo

La implantación de muchas de las tecnologías descritas en los aparatos anteriores exigen elevados niveles de calidad (precisión, «cero defectos»...) que sólo se pueden alcanzar en entornos controlados, por lo que la adopción de dichas tecnologías requiere a su vez una evolución de los procesos constructivos hacia la industrialización.

La industrialización es la clave para una gestión de la alta calidad del proceso de construcción, desde la planta de fabricación hasta el punto de construcción (PLATEA,

2006). El desarrollo de productos y sistemas preensamblados y soluciones constructivas, incrementa la eficiencia de los procesos constructivos, minimizando el uso de energía, materiales, agua y la generación de residuos, tanto en los procesos de fabricación como en los de instalación de los elementos constructivos en los edificios y permite, por otra parte, el desarrollo de soluciones constructivas más complejas.

El objetivo de la industrialización es la transformación de la industria mediante una *I+D+i* que permita una aproximación al sector de la construcción centrada principalmente en la prefabricación. Para ello, se proponen desarrollos más ambiciosos que contemplen los siguientes aspectos:

- Desarrollo de soluciones constructivas estandarizadas, pero a la vez flexibles y adaptables, que permitan la racionalización de los diseños y procesos constructivos en edificación.
- El desarrollo de unidades constructivas avanzadas de altas prestaciones (tales como la eficiencia energética) y valor añadido para incremento de la productividad del sector. Así, la industrialización permite la entrada en obra de soluciones que por complejidad de los métodos convencionales como las TIC, los VIP o los sistemas activos de fachada.
- La implantación de métodos modernos de construcción, con el objeto de proporcionar mayor productividad, calidad, seguridad y reducción de plazos de construcción.

El acero es un material cuyas propiedades se prestan adecuadamente a la obtención de soluciones competitivas para la edificación industrializada. Además de

permitir el desarrollo de soluciones constructivas prefabricadas, satisface con facilidad, gracias a su elevada resistencia, el requisito estructural exigido a los componentes constructivos que así lo requieren. De esta forma se obtienen productos avanzados, como sistemas de fachada, que cumplen con garantías los requisitos normativos.

5. TRANSICIÓN DEL ‘CLUSTER’ DE LA EDIFICACIÓN VASCA HACIA LA SOSTENIBILIDAD

5.1. Relevancia del ‘cluster’ en términos socio-económicos y consumo energético

Una de las actividades fundamentales dentro del *cluster* de la edificación es la representada bajo el CNAE93 45-Construcción. Este sector se ha visto favorecido desde comienzos de la década por la política económica del Estado, que lo ha convertido en uno de los pilares del desarrollo económico y social al amparo de una demanda expansiva que se ha refugiado en este sector en un intento de asegurar altas rentabilidades en un período expansivo y por ende fuertemente especulativo. Así, el peso del sector construcción en España en 2007, tanto en términos de VAB como de empleo, casi duplicaba al de la UE-15.

A partir de 2008 el sector de la construcción ha experimentado primero una desaceleración y posteriormente una fuerte caída en el conjunto de España. De hecho, la caída tanto en términos de VAB como de empleo en la construcción desde la segunda mitad de 2008 supera ampliamente la caída media del conjunto de la economía española. Por el contrario, el sector de la

construcción en los países de nueva incorporación a la Unión Europea continúa en fase expansiva y las previsiones a medio y largo plazo para estos países y otros de su ámbito geográfico son positivas (GCP y OE, 2010).

La CAPV no ha sido ajena a esta expansión del sector de la construcción, de forma que su aportación al VAB durante la presente década no ha dejado de subir, duplicando prácticamente su valor en tan sólo 9 años. Si a comienzos de la década el VAB de la construcción en la CAPV ascendía a 2.500 millones de euros (7%), en el año 2009 alcanza la cifra de 4.280 millones de euros (10%)², a pesar de la crisis del sector y como consecuencia de la potenciación de la obra civil.

Igualmente, durante el período 2000-2007 el número de empresas dedicadas a la construcción ha pasado de 19.860 a 31.523, lo que supone un incremento del 59%. Igualmente el volumen de mano de obra empleada en este sector se ha incrementado en el 56%, pasando de 60.000 a 95.000 trabajadores aproximadamente (10% respecto al total de trabajadores de la CAPV).

Si se considera el conjunto de empresas del *cluster* de la edificación en la CAPV, estas cifras son aún mayores. En el año 2008, última fecha en la que se disponen datos, el volumen de mano de obra ocupada en este conjunto de empresas asciende aproximadamente a 145.000 trabajadores, lo cual representa el 15% de la mano de obra ocupada en la CAPV. Asimismo, si se compara el VAB agregado del *cluster* de la construcción con el conjunto de la CAPV, este representa aproxima-

damente el 14 % del total. Por otra parte, analizando el crecimiento anual de cualesquiera de las magnitudes representadas se observa que el índice de crecimiento anual durante el período 1997-2008 ha sido del 10%, esto da una idea aproximada de la rápida expansión de este sector durante los últimos 11 años.

En cuanto a la contribución de las distintas industrias de la CAPV que componen el *cluster* de la edificación en relación al empleo es la Construcción de bienes inmuebles, o CNAE 45, es el que mayor peso tiene, estimándose en un 43% en el 2007, y le siguen en orden de importancia el sector de transformados metálicos CNAE 28 —donde se agrupan las empresas que trabajan estructuras metálicas, caldererías, cerrajeras, etc.— y la industria siderúrgica —CNAE 27— con producción orientada a la construcción. Las características de las empresas pertenecientes a cada CNAE son totalmente distintas. Las constructoras y los transformados metálicos se caracterizan por ser pymes con un tamaño medio de empresa de 30 y 50 empleados aproximadamente, mientras que los centros siderúrgicos (CNAE93 27) con productos orientados al sector de la edificación, cuentan con una plantilla media por empresa de 570 empleados.

En cuanto a productividad (ratio que relaciona el VAB y el empleo) y la rentabilidad (ratio que relaciona beneficio/fondos propios) destacan la siderurgia (CNAE 27), la extracción de minerales no metálicos (CNAE 14) y la fabricación de otros productos minerales no metálicos (CNAE 26).

En lo que a consumo energético respecta, el *cluster* de la edificación representaba cerca del 25% del consumo final de energía de la CAPV en el 2005, siendo los

² Fuente: EUSTAT, Cuentas Económicas.

sectores residencial y servicios, con un consumo de 1051 ktep —18,3%³ del consumo final—, las actividades con mayor contribución a dicho consumo. El mayor porcentaje de dicho consumo energético se produce en la fase de uso de los edificios, lo que se corrobora por el hecho de que la actividad propia de ejecución del edificio (CNAE93 45) supone tan sólo el 0,2% del consumo final de la CAPV, siendo una de las actividades del *cluster* con menor consumo energético.

5.2. La innovación en el 'cluster'

La calidad de vida está determinada en gran medida por el entorno que nos rodea y protege. Las innovaciones tecnológicas introducidas en la edificación han modificado el diseño de los edificios, las infraestructuras, los materiales utilizados, y en definitiva, el entorno. Sin embargo, y salvo un limitado número de ejemplos como es el caso de algunas estructuras, puentes o túneles, el sector de la construcción sigue mostrándose reacia a la innovación si se compara con los cambios tecnológicos que han sufrido en otros campos de la industria (RTD Info, 2000).

La construcción (CNAE93, 45) se caracteriza por ser un sector poco dinámico, en términos de inversiones bajas de I+D (Gann, 2000), ciclos económicos muy largos y variaciones cíclicas muy fuertes en términos de demanda y beneficios. Es un sector con bajos beneficios y con un tamaño de empresas reducido. Todo ello acentúa los riesgos financieros asociados a las inversiones en I+D (Blackley y Shepard, 1996).

Las empresas de la construcción se estructuran normalmente como organizacio-

nes basadas en proyectos más que en empresas organizadas funcionalmente, con productos diseñados de forma personalizada y servicios sobre la base de proyecto (Blindenbach-Driessens y van den Ende, 2006). En una producción basada en proyectos, todas las actividades, incluidas las innovadoras, son generalmente realizadas en colaboración con otras empresas, clientes, proveedores, *partners*, etc. A pesar de sus diferentes conocimientos de partida, todos ellos necesitan ligarse en el proceso para que la innovación sea exitosa (Bayer y Gann, 2007). Sin embargo, cuando la producción se lleva a cabo *in situ* y cada proyecto lleva asociado un equipo de trabajo distinto, es difícil que se repitan o haya continuidad en la innovación. Por tanto, a pesar de que los proyectos representan sistemas flexibles de producción que permiten la coordinación de redes entre empresas, raramente ocurre que pueden integrar, más allá del desarrollo, y transformar el conocimiento adquirido en capacidades organizativas (Davies y Brady, 2000; Acha *et al.*, 2005).

El tipo de *outputs* que produce la construcción, son grandes bienes e inmuebles y con un alto grado de complejidad e interdependencia en términos de número y rango de recursos y componentes implicados. Son bienes muy duraderos y generalmente más caros que otros productos manufacturados, ligados a la cultura local y a valores estéticos, tendiendo a los diseños y técnicas de construcción más conservadores, lo que también puede explicar el freno a la innovación y a la introducción de soluciones singulares también desde la parte del consumidor.

Hasta el momento, por tanto, el sector de la construcción ha sido considerado como un sector de baja intensidad tecnológica, y como tal ha sido identificado con bajos niveles no sólo de inversiones en

³ Elaboración propia a partir de los datos del EVE (EVE, 2006).

I+D sino también de innovación, tal como ocurre también en la CAPV. Sin embargo, desde nuestra perspectiva esto no significa que el sector esté exento de innovación, sino que utiliza unos patrones singulares, basados en «hacer, usar e interactuar» que conllevan en su mayoría innovaciones de carácter incremental y, a menudo puntuales y poco sistemáticas.

Asimismo, en la actualidad se observa una creciente concienciación sobre la importancia de adoptar innovaciones relacionadas con los conceptos de eficiencia y sostenibilidad por parte de algunos agentes del sector, tales como las instituciones públicas de los estados más avanzados, los tecnólogos y las grandes corporaciones.

De hecho se observa una innovación de proceso en el sector de la construcción, que induce a la incorporación de conceptos tales como el de su industrialización para lograr la eficiencia en el proceso productivo. En relación a este tipo de innovación, hay que señalar como, a su vez, el sector de la construcción actúa como fuente de innovación del sector de la maquinaria y equipos que utiliza para las distintas labores que van desde el proceso de excavación hasta la demolición, e incluso la eliminación de residuos.

Otro aspecto importante a reseñar es la influencia que los arquitectos y los servicios de ingeniería pueden ejercer en actividades de diseño de nuevos procesos e incorporación de nuevos materiales en la fase de edificación.

En el ámbito de las innovaciones de producto, la construcción está íntimamente ligada con los desarrollos que se producen por parte de los proveedores de materiales y servicios que actúan tradicionalmente como fuentes de innovación para el sector de la

construcción. Lo cierto es que tampoco estos sectores han sido tradicionalmente innovadores, mostrando escasa capacidad de incorporar mayor intensidad de conocimiento en sus productos. En otras palabras son sectores, en general, de baja o como mucho media intensidad tecnológica. Sin embargo en los últimos años, al igual que ocurre en otros sectores tradicionales tales como podría ser el textil, los avances en disciplinas científico tecnológicas en las áreas de los nanomateriales o las biotecnologías, entre otras, están influyendo en la búsqueda de nuevos y/o mejorados materiales, y especialmente para su mayor eficiencia y funcionalidad, y por ende sostenibilidad, tal como se puede ver en el caso vasco.

Otra innovación de carácter sostenible en el sector tiene que ver con la incorporación de las energías renovables en el edificio. Obviamente este tipo de proceso representa la modernización no sólo del sector de la construcción y de los servicios asociados al mismo tales como el diseño arquitectónico y la ingeniería, sino también del sector energético, otro sector eminentemente tradicional en términos de innovación. En este sentido la inserción de las renovables en el edificio estimula, entre otras cuestiones, una ruptura en el sistema energético tradicional, basadas en combustibles fósiles y energía nuclear, así como en sistemas centralizados de generación y distribución de energía, promoviendo de este modo el desarrollo de nuevas tecnologías y servicios.

Desde la perspectiva de la sostenibilidad del *cluster* de la edificación sostenible, la innovación se orienta no sólo al producto sino también a su proceso productivo. El objetivo es lograr la mayor eficiencia y productividad de los sectores que componen la cadena de suministradores del sector de la construcción, que como hemos visto an-

teriormente, son los que hacen al *cluster* de la edificación muy vulnerable en términos energéticos y climáticos.

Las innovaciones medioambientales pueden ser definidos como la creación o uso de los equipos de producción, tecnologías y procedimientos, pero también como productos y procesos que son sostenibles, ya que ellos optimizan el uso de la energía, los recursos naturales, minimizando al mismo tiempo la huella de carbono de la actividad humana y/o protegiendo el medio ambiente natural de manera activa (Dewick y Miozzo, 2002).

Las innovaciones medioambientales constituyen uno de los caminos a través de los cuales se induce a la creación de la industria de la construcción sostenible. La construcción sostenible se traduce en una interacción dinámica de desarrolladores de nuevas soluciones, inversores, la industria de la construcción, servicios de profesionales, proveedores de la industria y otros relevantes, que acuerdan alcanzar un desarrollo sostenible, tomando en consideración aspectos medioambientales, socioeconómicos y factores culturales (EC, 2007).

Así pues la sostenibilidad en el sector de la construcción en particular, y en el *cluster* de la edificación en general, puede ser mejorada a través de la actuación en un conjunto de factores interrelacionados, entre ellos: innovaciones medioambientales para la construcción sostenible, regulaciones y estandarizaciones, estructura de mercado y cadena de valor industrial, educación, gestión de costes y riesgos, deconstrucción, demolición y gestión de desechos.

Todos estos aspectos, entre otros, han sido tenidos en cuenta en el estudio sobre el *cluster* vasco de la edificación y los motores y barreras que presentan para su transición hacia la sostenibilidad, y cuyas

principales conclusiones se presentan en el siguiente apartado.

5.3. Motores y barreras del sistema vasco para su transición hacia la sostenibilidad

La multitud de agentes implicados en la toma de decisiones en el ámbito de la energía en los edificios hace necesario adoptar una aproximación de abajo-arriba o (*bottom-up*), en la que se analizan las competencias de cada uno de los agentes del *cluster* de la edificación, así como sus fortalezas y debilidades en relación con la eficiencia energética y las energías renovables en la edificación, constituyendo una de las referencias claves para el desarrollo de políticas que permitan la transición a edificios «Zero Energy».

A continuación se presenta una caracterización general de cada uno de los grupos de agentes que componen el *cluster* de la edificación en la CAPV, que ha iniciado un proceso de transición hacia una escenario de economía bajo en carbono. Los resultados de este análisis provienen de la realización de conjunto de entrevistas y de análisis documental realizado en el marco del proyecto eCo-BERRI antes citado.

Sistema científico tecnológico

La innovación empresarial requiere del apoyo de los centros de investigación y de la Universidad. El sistema científico tecnológico de la CAPV se caracteriza por:

- Ser un sistema consolidado, con I+D+i orientada a la construcción y a la energía en edificación. La RVCTI (Red Vasca de Ciencia, Tecnología e Innovación) está constituida por Universida-

- des, Centros de Investigación Cooperativa (CIC) y Centros Tecnológicos que cubren el ciclo de vida de la tecnología desde la investigación básica hasta la transferencia tecnológica.
- Desarrollo de líneas de trabajo específicas entre las que cabe destacar: la caracterización de las prestaciones y el comportamiento de productos; el estudio de la influencia de la ventilación en la calidad de aire interior y la eficiencia energética; el estudio de la influencia de distintas soluciones constructivas (como los materiales de cambio de fase, fachadas ventiladas, elementos de sombreado, elementos fotovoltaicos activos...) en la demanda energética del edificio, y la optimización del diseño de nuevas soluciones constructivas para disminuir la demanda energética anual de un edificio, dependiendo de sus características particulares (zona climática, usos...).
 - Contar con infraestructuras de experimentación referentes a nivel europeo. Entre éstas, cabe mencionar el Área Térmica del Laboratorio de Control de Calidad para La Edificación del Gobierno Vasco y KUBIK, que es el edificio experimental de Tecnalia, uno de los principales agentes de RVCTI.
 - Muy buen posicionamiento a nivel internacional. Tecnalia es uno de los miembros más activos de la ECTP (Plataforma Tecnológica Europea de la Construcción) y la E2BA (Asociación para la Eficiencia Energética en la edificación), siendo miembro de sus órganos de dirección y líder de algunas de sus líneas estratégicas de investigación. Igualmente, actúa como representante de España en la IEA-International Energy Agency. Por otra parte, la fuerte implicación de miembros de la RVCTI en los proyectos del Programa Marco de Investigación de la Unión Europea les permite estar en contacto permanente con los centros y universidades de referencia (Fraunhofer, TNO, VTT, CSTB, CEN, SINTEF, etc.).
 - Formación especializada a través de la Universidad, pero de carácter voluntario y fundamentalmente orientada estudios de postgrado. Una de las barreras identificadas es que la formación en el ámbito de eficiencia energética y energías renovables no es de carácter obligatorio en las escuelas técnicas (ingeniería y arquitectura). Sin embargo, tanto la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao como la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Donostia imparten masters de formación con título propio orientado a la eficiencia energética. Así mismo, las Aulas de Ecodiseño de las E.T.S. de Ingeniería de Bilbao y la Universidad de Mondragón promueven la introducción del ecodiseño en la edificación y en los materiales de construcción dando apoyo técnico a la industria y mediante el desarrollo de guías.
 - Liderazgo limitado del I+D+i por parte de la industria. Pese al gran entramado existente y las capacidades instauradas, las entidades identificadas como desarrolladoras de I+D+i deben colaborar más estrechamente con fabricantes y constructoras para identificar sus necesidades y desarrollar una investigación más orientada a mercado.

Equipo facultativo-arquitectos e ingenieros

La eficiencia energética en la edificación ha de partir desde una planificación urbana bajo criterios de sostenibilidad, de forma que ésta constituya la base para que los equipos que diseñan los edificios posteriormente incorporen el diseño bioclimático y el diseño pasivo de los edificios. Se requiere de un trabajo en estrecha colaboración entre arquitectos e ingenieros para un diseño integral que incorpore equipos y sistemas de alto rendimiento adaptados a las necesidades reales del edificio, controlando su comportamiento mediante sistemas inteligentes. En la CAPV, este personal técnico se caracteriza por:

- Creciente interés por la eficiencia energética y las energías renovables en edificación. A día de hoy, en general, existe un gran desconocimiento y una baja concienciación, condicionada por la escasa formación de carácter obligatorio en las escuelas técnicas en el ámbito de eficiencia energética y las energías renovables. Sin embargo son cada vez más los profesionales que se forman en el ámbito de la eficiencia energética y la sostenibilidad, condicionados por el nuevo marco normativo (por ejemplo, el CTE-Código Técnico de la Edificación), la conciencia social y por identificar éstas como un elemento diferenciador respecto a su competencia, aspecto especialmente relevante en épocas de crisis.
- Estudios de arquitectura y gabinetes de ingeniería muy pequeños. En la CAPV los estudios de arquitectura y consultoría técnica relacionados con la edificación, cuentan con una plan-

tilla media de 5 empleados. En muchos casos son organizaciones unipersonales, con un perfil muy similar (arquitecto-aparejador o ingeniero), que difícilmente contemplan el diseño integral.

- Poca integración entre los equipos de arquitectura y los de ingeniería. Salvo equipos facultativos multidisciplinares, los arquitectos subcontratan a las ingenierías el cálculo de instalaciones y los aspectos relacionados con la energía. Pero si las especificaciones iniciales son vagas o difusas, difícilmente se concretarán en soluciones integrales adaptadas al proyecto final.
- Algunos equipos son referentes a nivel nacional. En la CAPV también existen grandes consultorías técnicas con equipos multidisciplinares que integran la eficiencia energética en sus proyectos y son referentes a nivel nacional.

Promotores y constructores

El constructor ejecuta con medios humanos y materiales las obras con sujeción al proyecto redactado por el equipo facultativo. Al igual que los promotores, los constructores juegan un papel fundamental en materializar la innovación, dado que son los responsables finales de incorporar las nuevas soluciones a los edificios. Las características fundamentales del colectivo de promotores y constructores de la CAPV son:

- Empresas muy pequeñas. En la CAPV el sector está caracterizado por pymes con un tamaño promedio de 35 empleados. Sólo en torno a un 10% de las mismas cuenta con una

plantilla de más de 100 empleados y un número suficientemente elevado de personal cualificado capacitado para incorporar nuevas soluciones innovadoras en sus proyectos.

- No son grandes tractoras de I+D, son pocas las constructoras que definen sus necesidades de I+D. Esta constructoras generalmente adoptan nuevas soluciones tecnológicas con el apoyo de los Centros Tecnológicos y los desarrolladores externos de soluciones constructivas.
- Preferencia por soluciones y productos consolidados en el mercado. En lo que a la integración de la energías renovables en el edificio respecta, los constructores e instaladores de la CAPV se decantan muchas veces por productos importados por considerarlos más avanzados o con mayor penetración en el mercado que los desarrollados aquí.
- Desconocimiento de las soluciones innovadoras. La puesta en obra de nuevas soluciones o productos para la energía en edificación requiere de nuevas técnicas de ejecución, en muchos casos desconocidas por el personal de obra, derivando en una mala puesta en obra y un funcionamiento deficiente de las mismas.
- La integración de las energías renovables se considera como un añadido al que se presta escasa atención en la fase de diseño. Existen en la CAPV un gran número de pymes cuya actividad está centrada en la instalación de energías renovables, pero que generalmente llegan al edificio en fase de obra y no de diseño. La formación y continua actualización

en tecnologías y sistemas de estos profesionales es vital para una buena ejecución de las instalaciones que dé lugar a un funcionamiento óptimo de éstas.

Suministradores y fabricantes

La cadena de suministradores abastece al constructor tanto de materiales como de soluciones constructivas. Ésta se caracteriza en la CAPV por:

- Un tejido industrial constituido por empresas heterogéneas y con diversidad de culturas. Coexisten fabricantes de materiales y soluciones constructivas en muchos casos pertenecientes a grupos multinacionales (cemento, acero, vidrio, materiales poliméricos), más habituadas a la incorporación de innovaciones, con pymes locales intensivas en mano de obra.
- Gran tradición industrial. Aunque muchas de las empresas pertenecen en la actualidad a multinacionales, fueron en su origen industrias locales, que aún desarrollan su propio I+D.
- Los proveedores y fabricantes están sujetos a las exigencias y prescripciones de las constructoras y equipos facultativos. Esto condiciona la comercialización de sus productos, especialmente cuando son novedosos, de alto valor añadido y sin economías de escala.
- La industria de extracción y producción de minerales no metálicos (cemento, cal, vidrio y productos de hormigón), la siderúrgica (perfiles, redondos y alambrón) y la de los transformados metálicos tienen una gran tradición, empleo y valor añadido.

- Adopción de las mejores tecnologías disponibles en el proceso productivo. A nivel de proceso, tanto la industria de productos minerales no metálicos como la industria siderúrgica cuentan con las mejores tecnologías disponibles, lo que contribuye a tener ratios de emisión y consumo energético específicos comparables al resto de Europa.
- Presencia de fabricantes con alto potencial de innovación en los productos que contribuyen a la mejora de la eficiencia energética de los edificios. La CAPV cuenta con varias empresas que ya están trabajando en los nichos tecnológicos identificados anteriormente o serían capaces de adoptarlas fácilmente.
- Eficiencia energética en edificación. Fabricantes de materiales de cambio de fase (PCM), vidrio flotado para edificación que podrían admitir la aplicación de películas bajo emisivas y de control solar, paneles de vacío (VIPs) y elementos de sombreadamiento. Estos productos, por su bajo espesor y altas prestaciones, pueden ser susceptibles de integrarse tanto en edificios nuevos como en la rehabilitación.
- Solar fotovoltaica. La CAPV cuenta con fabricantes de vidrio para paneles, módulos, inversores y baterías.
- Minieólica. La generación de electricidad mediante energía minieólica es un sector que está emergiendo en los últimos años. En consecuencia, las empresas de la CAPV en este campo son empresas que están diversificando su actividad y otras de nueva creación, que están desarrollando I+D de producto para este sector (ae-

rogeneradores minieólicos, inversores para minieólica...) y en algunos casos empiezan a fabricar y comercializar dichos productos.

Usuario

Es el que habita en el edificio y el que finalmente hace uso de las medidas implantadas en el mismo. Sin embargo dos edificios similares con el mismo nivel de demanda energética pueden tener consumos diferentes debido al uso (o mal uso) realizado en el mismo. Por lo tanto, el usuario se convierte en un factor clave para la eficiencia energética del edificio, tanto desde el punto de vista de uso del mismo como de su demanda de edificios energéticamente eficientes. Los factores que condicionan su comportamiento son los siguientes:

- Escasa concienciación sobre la importancia de la eficiencia energética en los edificios. Una de las grandes barreras es el bajo conocimiento y concienciación en los ámbitos de la energía por parte del usuario.
- No se observa el impacto directo de sus acciones en el consumo energético del edificio, los flujos de energía no se ven. La falta de conciencia del consumo de energía del usuario en sus actividades diarias tiene como consecuencia un derroche de la energía por el incorrecto funcionamiento del edificio y de las instalaciones.
- Periodos de amortización relativamente largos. Los períodos de amortización de las tecnologías de eficiencia energética e integración de renovables son superiores a dos años, que es la expectativa típica de amor-

tización de una inversión por parte de los usuarios, lo que las hace poco atractivas. Un factor determinante de estos largos periodos de amortización es el bajo precio actual de la energía.

- Recelo de las soluciones poco conocidas. Las soluciones innovadoras y poco implantadas en el mercado, y cuyo comportamiento en el tiempo no está comprobado, resulta más una barrera que un atractivo cuando se adquieran bienes muy duraderos, como por ejemplo la vivienda.

Sistema de generación y distribución de energía

Encargadas del abastecimiento de energía a los edificios, y al mismo tiempo de la compra de electricidad en régimen especial, son las que fijan los precios de energía. Las tarifas energéticas actuales no reflejan el coste real de la energía. La tarificación actual de la energía no es variable en función de la franja horaria, por lo que los precios, en horas punta de demanda son inferiores al coste real. Esto representa una barrera para incentivar estrategias de eficiencia y generación de energía mediante renovables.

Aseguradoras

El promotor está obligado a la suscripción de un seguro que cubra los daños y defectos del edificio. Las compañías aseguradoras son reticentes a aceptar soluciones constructivas innovadoras. En muchas ocasiones las compañías aseguradoras se perciben como un freno a la innovación, ya que ponen muchas trabas para asegurar un edificio cuando las prestaciones de los productos no están sobradamente contrasta-

das a través de su implementación en otros edificios previamente, dificultando así la incorporación de soluciones innovadoras.

Administración Pública

Todas las escalas de la Administración Pública, desde la europea hasta la administración local, están fuertemente implicados y concienciados de la importancia de la energía en edificación —eficiencia energética y la integración de renovables—. En el ámbito de la CAPV esto es avalado por las distintas iniciativas que se han desarrollado, entre las que cabe destacar:

- La elaboración de guías de edificación sostenible, que entre otros aspectos ambientales, contempla la eficiencia energética.
- Programas de auditorias y certificación energética.
- Programas de rehabilitación energéticamente eficiente en la edificación.
- Formación e impartición de cursos focalizados a los profesionales del sector.
- Presencia en proyecto europeos.
- Introducción de parámetros de compra verde, estableciendo especificaciones de sostenibilidad en sus pliegos de condiciones técnicas —incluyendo la aplicación de las guías de edificación sostenible— que van más allá de lo estrictamente requerido por la normativa.
- Programas para el fomento y desarrollo de nuevos productos en la industria.
- Inversión en infraestructuras experimentales y laboratorios.

A escala autonómica, los departamentos y las sociedades públicas implicadas en este ámbito son, entre otros: el Departamento de Industria, SPRI y EVE; el Departamento de Vivienda y VISESA; el Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca e IHOBE, además del resto de departamentos (Educación, Sanidad...), que son responsables de sus edificios administrativos. La Administración local complementa las actuaciones de estos organismos mediante otra serie de iniciativas, como la planificación urbana sostenible, programas de formación, etc.

A pesar de la relevancia de las actuaciones realizadas por la Administración y su implicación en la potenciación de la eficiencia energética y la integración de renovables en la edificación, se identifican dos aspectos a mejorar:

- Mayor coordinación entre los órganos de la Administración. A pesar de la concienciación y las iniciativas anteriormente listadas, la alta fragmentación de sus competencias dificulta las actuaciones integrales.
- Simplificación de los trámites administrativos. Ligado con esta elevada fragmentación, la alta burocracia administrativa dificulta la incorporación de nuevas soluciones constructivas, principalmente si estas se deben implantar a nivel de barrio (por ejemplo, *district-heating*, geotermia).

6. PRIMERAS REFLEXIONES PARA LA POLÍTICA DE ECO-INNOVACIÓN EN EUSKADI

La construcción eficiente energéticamente y la integración de energías renova-

bles tanto en obra nueva como en rehabilitación es uno de los principales objetivos en las políticas de vivienda en el País Vasco y en Europa, y así lo avala el marco europeo favorable anteriormente citado. Siendo la rehabilitación del parque existente, por su volumen de mercado y por la capacidad de ahorro energético, el ámbito que ofrece mayores posibilidades de ahorro energético en el computo de los sectores de consumo final a nivel europeo.

Como se ha comentado anteriormente, el sector de la edificación es un sector reactivo en el que los mecanismos de mercado no son suficientes para introducir los cambios, máxime cuando lo que se intenta es introducir cambios sociotecnológicos, cuando menos rupturistas para el régimen establecido. Obviamente, ello hace indiscutible y estratégica la actuación de la administración para promover la introducción de las nuevas soluciones en la edificación desde diferentes planos de actuación.

Desde el ámbito de la I+D+i, la edificación sostenible debe adquirir un mayor visibilidad y peso en cuanto a inversiones en las distintas áreas científicas-tecnológicas que se relacionan con el desarrollo de este campo de aplicación. Asimismo, deben promoverse otro tipo de acciones que den soporte a actividades de demostración y difusión de las nuevas tecnologías verdes que se desarrollen en este ámbito, abarcando de este modo los instrumentos políticos las distintas fases de la innovación tecnológica.

La administración, como regulador e impulsor de legislación específica, tracciona el sector mediante la implantación de requisitos normativos de obligado cumplimiento. Esto obliga a todos los agentes (arquitec-

tos, constructores, proveedores) a responder a nuevos requerimientos y por tanto a innovar e incorporar las soluciones que contribuyan a mejorar el comportamiento energético del edificio.

La certificación de los edificios ofrece una mayor transparencia en las evaluaciones energéticas y permite comparar objetivamente la eficiencia de diferentes edificios. A partir de estos resultados pueden establecerse criterios de priorización en las necesidades de rehabilitación. Para garantizar la correcta aplicación del procedimiento es necesaria la verificación de la certificación y llevar a cabo auditorias energéticas periódicas en la fase de uso del edificio que garanticen su correcto funcionamiento. Los instrumentos normativos y de control deben seguir reforzándose y garantizar su cumplimiento. A medio-largo plazo la normativa debe tender a exigir edificios «zero carbon».

Existen determinadas barreras administrativas y legales que conciernen a la incorporación al mercado de las soluciones innovadoras orientadas a la eficiencia energética, tanto en obra nueva como en rehabilitación (tales como límites de fachadas, propiedad del suelo, etc.). Para salvar estas barreras es necesaria una comunicación fluida entre las diferentes administraciones con competencias en el campo, simplificando la burocracia, eliminando las barreras de la alta fragmentación y estableciendo un objetivo común entre ellas con objeto de llegar a la «ventanilla única». Esto crearía un marco favorable para la introducción de nuevas soluciones constructivas, especialmente cuando éstas se deben implantar a nivel de barrio.

La administración como potenciador de mercados actúa introduciendo nuevas so-

luciones en sus promociones e incluyendo parámetros de compra verde. Como promotor, la administración implanta y valida el comportamiento de nuevas soluciones en sus promociones; y mediante la introducción de parámetros de compra verde, por ejemplo la aplicación de determinados códigos de valoración cuando aún estos son de carácter voluntario, contribuye, a la concienciación y formación de los equipos facultativos y los constructores en los ámbitos de la sostenibilidad; y a que su parque edificatorio sea referente en los ámbitos de la eficiencia energética.

La puesta en obra de soluciones novedosas presenta una dificultad para los profesionales sin formación en el ámbito de la energía en edificación. Es este sentido hay que promover acciones que permitan un asesoramiento técnico e incluso la formación específica que permita al colectivo de profesionales involucrados en la ejecución de los edificios familiarizarse con la puesta en obra de estas soluciones; a los equipos facultativos conocer sus mejores prestaciones; a los usuarios conocer el potencial de ahorro en su factura energética y a los fabricantes obtener resultados cuantificables del comportamiento energético en condiciones reales.

Como organismo ejemplarizador, la administración introduce la eficiencia energética y parámetros de sostenibilidad desde la planificación urbana y asegura la alta eficiencia energética y la generación de renovables en sus propios edificios.

Como dinamizador, la administración fomenta mediante instrumentos fiscales e incentivos la rehabilitación energética o los edificios que tienen un comportamiento energético bueno —A o B— en la escala de clasificación del CTE. Pero se ha de se-

uir trabajando en este ámbito, y garantizar la incorporación de renovables, la rehabilitación integral, el uso de las mejores técnicas en la construcción y premiar los usuarios con consumos reales del edificio menores a los estimados por los expertos.

Pero para que finalmente la energía en edificación acabe penetrando en el mercado y el usuario final del edificio lo valore y lo introduzca como criterio de compra de los bienes inmuebles, es necesario desarrollar campañas de educación y sensibilización que fomenten la incorporación de la energía en todas las fases de la edificación e impliquen a todos los agentes involucrados en el proceso constructivo. Una mayor concienciación de la ciudadanía llevará a futuro a convertir la eficiencia energética en la edificación en un requerimiento de mercado que movilizará al *cluster* de la edificación en su conjunto.

Las estrategias de eco-innovación, además, pueden servir como mecanismo de planificación que establezca prioridades de actuación a medio y largo plazo. Los cambios de régimen socio-tecnológico como el que el sector de la edificación ha comenzado a protagonizar necesita objetivos claros y estables a largo plazo. De la misma forma este tipo de estrategia puede servir como integrador de políticas a nivel vertical (con otras administraciones) y horizontal (con otros sectores), así como de instrumentos de distinto carácter como los arriba descritos. El *mix* de políticas es otro factor clave en el desarrollo de las políticas de eco-innovación de los países pioneros que a su vez son líderes de mercado en tecnologías bajas en carbono, como las que el sistema tecnológico de la edificación sostenible ha comenzado a desarrollar en nuestra región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHA, V., GANN, D.M. y SALTER, A.J. (2005): «Episodic Innovation: R&D Strategies for Project-Based Environments», *Industry and Innovation*, 12(2), 255-281.
- BAYER, S. y GANN, D. (2007): «Innovation and the Dynamics of Capability Accumulation in Project-Based Firms», *Innovation: Management, Policy & Practice*, 9(3-4), 217-234.
- BLACKLEY, D.M. y SHEPARD, E.M. III (1996): «The diffusion of innovation in home building», *Journal of Housing Economics*, 5(4), 303-322.
- BLINDENBACH-DRIESSEN, F., VAN DEN ENDE, J. (2006): «Innovation in Project-Based Firms: the Context Dependency of Success Factors», *Research Policy*, 35, 545-561.
- BROWN (2001): «Market failures and barriers as a basis for clean energy policies». *Energy Policy*. 2001.
- DAVIES, A. y BRADY, T. (2000): «Organisational Capabilities and Learning in Complex Product Sys- tems: towards Repeatable Solutions», *Research Policy*, 29, 931-953.
- DEWICK, P. y MIOZZO, M. (2002): «Sustainable Technologies and the Innovation-Regulation Paradox». *Futures*, 34, 823-840.
- EC (2003): *Proposal for a Directive of the European Parliament and of The Council on energy end-use efficiency and energy services*. Brussels, 8.12.2003. December 2003.
- (2007): Communication from the commission to the European council and the European parliament *An Energy Policy for Europe*. Brussels, 10.1.2007-COM(2007) 1 final. January 2007.
- (2008a): Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions Second Strategic Energy Review An EU Energy Security And Solidarity Action Plan. Brussels, 13.11.2008. SEC(2008) 2872. November 2008.

- (2008b): *Un Plan de Recuperación Económica Europea*, Bruselas, 26.11.2008, COM(2008) 800 final. November 2008. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0800:FIN:ES:PDF>.
- ECTP (2005): *European Construction Technology Platform-Strategic Research Agenda*. December 2005. http://www.ectp.org/documentation/ECTP-SRA-2005_12_23.pdf.
- EVE (2006): País Vasco. Datos energéticos. 2006.
- E2BA (2009): *Energy-efficient Buildings (EeB) PPP-Research Priorities for the Definition of a Multi-Annual Roadmap And Longer Term Strategy*. December 2009. <http://www.e2b-ei.eu/documents/EeB%20PPP%20Multiannual%20Roadmap%2018%20jan%202010%20last.pdf>.
- FUNDACIÓN ENTORNO (2009): *Análisis de la viabilidad económica de la edificación energéticamente eficiente*, 2009.
- GANN, D.M. (2001): «Putting Academic Ideas into Practice: Technological Progress and the Absorptive Capacity of Construction Organizations», *Construction Management and Economics*, 19, 321-330.
- GLASS (2008): «New build, Materials, techniques, skills and innovation», *Energy Policy* 36 (2008), 4354-4538, 2008.
- IPPC (2007): «Climate Change 2007». *Mitigation of Climate Change 2007. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2007.
- LJUNGBERG (2007): «Materials selection and design for development of sustainable products», *Materials & Design*. 2007.
- M2i (2009): «Material Scarcity», *M2i materials innovation institute*, november 2009.
- McKINSEY (2009): «Pathways to a Low-Carbon Economy», Version 2 of the *Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Company 2009.
- PORTER, M. (1998): «On competition». *Harvard Business School Press*, Boston.
- PLATEA (2006): *Plataforma Tecnológica Española del acero*, septiembre 2006.
- REEB (2009): «Vision for ICT supported Energy Efficiency in Construction». *FP7 REEB Project*, december 2009. <http://www.ict-reeb.eu/index.html>.
- RICHARD HILL et al. (1997): «Sustainable Construction: principles and a framework for attainment», *Construction Management and Economics* (1997) 15, 223-239.
- RTD INFO (2000): «RTD Info, Magazine for European research». *Impetus for innovation*. Number 26, may 2000. <http://ec.europa.eu/research/rtdinfo/en/26/constr1.html>.
- WBCSD (2007): *Policy Directions to 2050 A business contribution to the dialogues on cooperative action*. 2007.
- (2009a): «World Business Council for Sustainable». *Development Energy Efficiency in Buildings the Market*. 2009.
- (2009b): «World Business Council for Sustainable». *Transforming the Market*. 2009.
- (2009c): «World Business Council for Sustainable». *Business realities and opportunities*. 2009.
- (2009d): *Roadmap for Market Transformation*. 2009.
- WEIZSÄKER et al. (2009): Ernst von Weizsäcker, Karlson Charlie Hargroves, Michael H. Smith, Cheryl Desha and Peter Stasinopoulos. *Factor Five, Transforming the global Economy through 80% improvements in resource productivity*, Ed. Earthscan, 2009.

AUTORES

AGUADO MUÑOZ, Ricardo. Profesor del Departamento de Economía de la Universidad de Deusto-Deusto Business School, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (La Comercial). Colaborador habitual del Instituto Vasco de Competitividad (ORKESTRA) y miembro de la Agencia Vasca de Innovación (Innobasque). Su investigación se encuentra focalizada en los Sistemas Regionales de Innovación (SRI) y las relaciones entre sus componentes (parques científicos y tecnológicos, institutos de investigación, empresas e instituciones públicas y privadas para la colaboración) y la política de innovación. Doctor en Economía por la Universidad del País Vasco, ha impartido sesiones de grado y postgrado en diferentes universidades de Estados Unidos, América Latina y Europa.

ANDERSEN, Maj Munch. Investigadora senior en el Departamento de Gestión de la Universidad Técnica de Dinamarca. Sus áreas de especialización en la investigación son la innovación ecológica en la empresa, entre empresas y el nivel de sistema de innovación, así como el análisis de políticas. Anteriormente trabajó durante siete años como investigadora de innovación en el Ministerio de Comercio e Industria y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación daneses. Es asesora en política de eco-innovación, tanto en Dinamarca y en la UE. Ha sido pionera en la investigación económica evolutiva en el área ambiental, cuando era todavía un área de investigación emergente. Escribió el primer doctorado danés sobre innovación ecológica en 1999, y fue también uno de las primeras doctoras en este campo en el mundo. Ha contribuido de forma importante al desarrollo del concepto de eco-innovación de forma analítica, y como asunto político.

ASHFORD, Nicholas A. Profesor de Tecnología y Política en el MIT, donde imparte cursos de Economía, Políticas y Derecho Medioambiental, así como sobre Desarrollo sostenible, Globalización y Tecnología. Doctorado en Química y licenciado en Derecho y postgrado en Economía por la Universidad de Chicago. Es visitador científico en la Escuela de Salud Pública de Harvard e imparte cursos intensivos de Desarrollo Sostenible y legislación medioambiental europea e internacional en la Universidad de Cambridge. Imparte estos mismos cursos en la Universidad de Tecnología de Chipre. Es coautor con Carlos Caldart del libro *Environmental Law, Policy and Economics* (2008, MIT Press) y con Ralph Hall Technology, *Globalization and Sustainability* (Yale University Press, 2011). Ha publicado cientos de artículos en revistas y revistas jurídicas.

BONILLA ETXEBARRIA, Alberto. Licenciado con Grado en Ciencias Químicas. Es el gerente de «Estrategia Medioambiental Urbana y Sostenibilidad Territorial» en la Unidad de Medio Ambiente de Tecnalia. Ha liderado y participado en proyectos relacionados con la evaluación de la sostenibilidad a escalas urbana, local y regional, así como con el planteamiento de estrategias y soluciones para la mejora de las mismas. Asimismo es coordinador del *Working Group 1 «Reducing the environmental impact»* de la *Focus Area «Quality of Life»* de la Plataforma Europea de Construcción, coordinador del *Working Group 2 «Mayor respeto al medio ambiente»* de la Línea Estratégica de Construcción Sostenible (LECS) de la Plataforma Española de Construcción, miembro del subcomité AENOR: AEN /CTN 41/SC 9 Construcción Sostenible, miembro de la red europea NICOLE (*Network for Industrially Contaminated Land in Europe*).

BRAUNGART, Michael. Fundador del método *Cradle to Cradle* y coautor del libro *Cradle to Cradle Remaking the Way We Make Things*. Es fundador de la EPEA *Internationale Umweltforschung GmbH*, de Hamburgo. Dentro de la EPEA está el *Intelligent Products System* (IPS), que crea productos orientados hacia una economía ecoefectiva y fue premiado con la *Océ van der Grinten Award* en 1993. Este método se convirtió en el internacionalmente reconocido *Cradle to Cradle* ® Design Protocol. Es también cofundador de *McDonough Braungart Design Chemistry*, en Charlottesville, Virginia y cofundador del nuevo Instituto de Innovación de productos verdes en California. Actualmente es Presidente del *Cradle to Cradle* tanto de la Universidad Erasmus de Rotterdam como de la Universidad de Twente. Su trabajo ha sido publicado en numerosas revistas sobre economía, ciencia, relaciones públicas, diseño y el medio ambiente en Europa y los EE.UU. *The Financial Times* y la revista *Manager* han publicado sus trabajos. Ha sido premiado con USEPA Green Chemistry Challenge Award. Ha sido profesor de Ingeniería de Procesos en la Universidad de Lüneburg Leuphana y profesor invitado en la Escuela de Negocios Darden en Charlottesville, Virginia. Fue uno de los que promovieron la creación de la Sección de Química de Greenpeace Internacional.

CARRILLO-HERMOSILLA, Javier. Profesor y director del Departamento de Entorno Económico de los Negocios en IE Business School. Es también Fellow del Centro de Estudios Europeos Jean Monnet en IE Universidad, investigador visitante de la Universidad de Cambridge, profesor honorífico investigador de la Universidad Alcalá y Experto Independiente asistiendo a la Comisión Europea en la evaluación de propuestas FP7 para el Tema 6

«Environment (including climate change)». Ha dedicado los últimos años a investigar el cambio tecnológico sostenible, así como los nuevos modelos de gestión y las políticas que abordan el reto medioambiental de modo innovador. Sus avances en el área están recogidos en numerosos trabajos y artículos sobre sostenibilidad medioambiental y cambio tecnológico publicados en revistas científicas y libros internacionales. Además, es colaborador habitual de los principales medios de comunicación e imparte regularmente conferencias sobre economía, empresa y medio ambiente. Doctor en Economía por la Universidad de Alcalá (Madrid) y MBA con honores por IE Business School.

GARCÍA ALONSO, Rakel. Licenciada en CC. Químicas por la UPV, Master en Gestión de la Innovación y la Tecnología por la Universidad de Deusto y especialista universitaria en Desarrollo Sostenible por la UPV e investigadora principal de la Unidad Sistemas de Innovación de Tecnalia. De 1996-2000 fue investigadora en nuevas tecnologías para plásticos y composites. Sus principales campos de investigación actual son: metodologías para dinamizar la eco-innovación, la vigilancia en temáticas relacionadas con el impacto de las nanotecnologías en medio ambiente y salud y la prospectiva en Edificación Sostenible y en Economía PostCarbono. Autora de «La importancia de la participación de las pymes en las Agenda 21 Locales como parte del despliegue de su Responsabilidad Social». (2009), «Gestionando las personas en Innovación» (2005), «Formación en plásticos y composites» 84-923445-2-0 (1999), y coautora de «Diseño en materiales compuestos: Metodología y casos prácticos» 84-923445-9-8 (2001), y «Tecnologías de Producción de Materiales Compuestos 84-923445-0-4 8 (1998).

HUIDOBRO RUBIO, Ana. Ingeniero en Telecomunicación por la Escuela Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación de Bilbao desde 1997. Desde 1998 esta desarrollando su labor investigadora en el Centro Tecnológico ROBOTIKER (ahora Tecnalia), primero como Investigador en el Departamento de Equipos de Telecomunicación y Electrónica y a partir del 2004 en la Unidad de Energía. Cuenta con experiencia en desarrollo y dirección de proyectos tanto a nivel técnico como gestión de recursos y equipos de trabajo, en actividades centradas en diseño electrónico, y actividades de divulgación de tecnologías, en proyectos relacionados en los últimos años con las energías renovables como: MOCEDU: Desarrollo e Industrialización de equipos de Monitorización de Plantas Fotovoltaicas, y gestión de la instalación en 300 Centros Educativos del País Vasco en colaboración con el Ente Vasco de la Energía (EVE) (en 6 fases 2002-2009). PURE: Proyecto Europeo de difusión de la Energía Solar Fotovoltaica integrada en edificios.(2008). eCo-BERRI(2009-2010): Proyecto ETORTEK de Eco-Innovación en Euskadi: Políticas, Tecnología y desarrollo sostenible.

JÄNICKE, Martin. Profesor de política comparada durante más de 35 años, autor científico y asesor político (p.e. en el Departamento de Planificación de la Oficina de la Cancillería, 1974-76, o en el Ministerio alemán de Medio Ambiente, desde 1999, o como Vicepresidente del Consejo de expertos del Gobierno para medio ambiente, 2000-2004). Fue parlamentario del Estado de Berlín en la década de 1980 y miembro de la Comisión Alemana de la UNESCO. Fue Director del Centro de Investigaciones de Políticas Ambientales, Universidad Libre de Berlín (1986-2007) y vicepresidente del Consejo de expertos del Gobierno (Medio

Ambiente) (2000-2004). Hoy es autor y experto revisor del IPCC (4.º y 5.º Informe de Evaluación), miembro del Consejo Asesor Internacional del Instituto Wuppertal y de la Junta Directiva de la Deutsche Umwelt Bundesstiftung. Sus libros acerca del fracaso del Estado, la modernización ecológica, las mejores prácticas en la política ambiental y la «revolución industrial verde» han sido traducidos en varios idiomas. En 1998 recibió el Premio de la Fundación de la Protección de la Naturaleza en Berlín.

KEMP, René. Profesor colaborador de la UNU-MERIT y profesor de innovación y desarrollo sostenible en el ICIS (Centro Internacional para la Evaluación Integrada y Desarrollo Sostenible) de la Universidad de Maastricht. Tiene 23 años de experiencia en investigación en innovación ecológica y transiciones de la sostenibilidad. Con 3.000 citas según Google Scholar, es uno de los investigadores más citados en innovación ecológica. Fue director de investigación de STEP en Oslo e investigador visitante en el IPTS en Sevilla, el Centro Belfer de la Universidad de Harvard, la Universidad Foscari de Venecia, SPRU en Brighton (Reino Unido), y CIRUS en Duebendorf (Suiza). Editor de la edición especial de la dinámica de innovación ecológica de Industria e Innovación, junto a Vanessa Oltra, director del libro *Automobility in transition* y autor principal del capítulo sobre las capacidades del *Global Energy Assessment*. Es miembro desde 2010 del grupo asesor del observatorio de la innovación ecológica. Editor de la serie de libros Springer *Sustainability and Innovation* (desde 2004). Miembro del consejo científico de ARTEC, la Universidad de Bremen (a partir de diciembre 2007) y editor asesor en la Investigación de Políticas (a partir de diciembre 2006). Sus intereses de investigación son el análisis de la innovación ecológica, las transiciones de la sostenibilidad, la gobernanza para el desarrollo sostenible y la política de innovación. En estos temas asesoró al gobierno nacional holandés, la Comisión Europea, el Consejo de Medio Ambiente y la OCDE. Con Rotmans Jan desarrolló el modelo de dirección de la gestión de transición, que es utilizado por el gobierno holandés como un modelo para la política de innovación sostenible.

KÖNNÖLÄ, Totti. Responsable Científico en el Instituto de Prospectiva Tecnológica de la Comisión Europea, profesor asociado de Dirección de Operaciones y Tecnología en IE Business School y profesor asociado de Política Industrial y Tecnológica en ICAI de la Universidad Pontificia de Comillas. Ha diseñado y coordinado varios procesos estratégicos para priorizar las adjudicaciones de los recursos de I+D+i y fomentar la colaboración. Tiene amplia experiencia como experto y consultor en nuevas tecnologías, energía y medio ambiente para diferentes empresas europeas. Trabaja también como moderador y *trainer* de prospectiva tecnológica y frecuentemente invitado en congresos internacionales. Sus avances en el área están recogidas en libros y numerosos informes y artículos en revistas especializadas como *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, *International Journal of Technology Management*, *Technological Forecasting and Social Change*, *Journal of Business Strategy and the Environment*, *Journal of Cleaner Production* y *Journal of Ecological Economics*.

KUBECZKO, Klaus. Investigador senior en la Unidad de Investigación, Tecnología e Innovación Política del Austrian Institute of Technology AIT, Foresight & Policy Development Department. Doctor en Economía y Ciencias Sociales de la Universidad de Economía y Empresa de Viena. Antes de unirse a AIT, Klaus era subdirector ejecutivo de INNOFORCE-Cen-

tro del Proyecto Regional del Instituto Forestal Europeo sobre innovación para el desarrollo sostenible e investigador en IIASA. Experto en economía de la innovación (sostenible) y prospectiva para el desarrollo de estrategias a largo plazo en el ámbito del desarrollo sostenible. Actualmente, está inmerso en varias actividades de prospectiva y asesoramiento estratégico en sistemas de infraestructura orientados a la innovación nacional e internacional. Secretario de la Sociedad Europea de Economía Ecológica (ESEE), así como coordinador del área de investigación y del «prize committee» de la Asociación Europea de Economía Política Evolutiva (EAEPE).

LEITNER, Karl-Heinz. Investigador senior en el *Austrian Institute of Technology AIT, Foresight & Policy Development Department*. Doctor en Economía y Ciencias Sociales de la Universidad de Viena, *Visiting Research Scholar* en la Escuela de Negocios de Copenhague y profesor de la Universidad Técnica de Viena. Sus líneas de investigación son la gestión de la innovación, la gestión estratégica, la política de investigación y la valoración del capital intelectual. Autor de dos estudios empíricos sobre el cambio de los procesos de innovación y la gestión de innovaciones radicales. Llevó a cabo proyectos de investigación y consultoría financiada por empresas, ministerios y la Comisión Europea y ha publicado en *R&D Management, Higher Education, e International Journal of Innovation Management*.

LEONARDO AURNETXE, Jon. Catedrático de Sociología de la Universidad de Deusto, ex director de Investigaciones Sociales de esta Universidad. Su campo de especialización es la sociología territorial, habiendo trabajado y colaborado en diversos proyectos relacionados con la planificación territorial y urbana. Bajo su dirección se ha elaborado en 2010 el Observatorio de Barrios de Bilbao. Pertenece al consejo asesor del Instituto Vasco de Estadística (EUSTAT).

LORENZ ERICE, Usue. Licenciada en Administración y Dirección de Empresas, especialidad en Gestión Internacional por la Universidad de Deusto, San Sebastián (2001). En 2009 realizó el curso «Microeconomics of Competitiveness», y ha participado en numerosos cursos y conferencias relacionadas con la innovación y el desarrollo regional. Ha desarrollado su labor profesional durante 8 años como consultora a empresas y organizaciones de diversa naturaleza en el ámbito de la internacionalización, la estrategia y la consultoría integral en el campo de la I+D. En 2009 inicia una nueva etapa profesional en el ámbito de la investigación académica, en Orkestra. Actualmente, es consultora, centrada principalmente en articular la labor de «facilitación» práctica en la aplicación de la Investigación y el Desarrollo desarrollada en el instituto (Interlocución).

MORILLAS LOROÑO, Héctor. Licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad del País Vasco con postgrado en Especialista de Universidad: Medio ambiente y Sostenibilidad. De 2007 a 2008 trabajó como becario en el departamento de I+D de la empresa de productos químicos Moresbay, siendo uno de los responsables de la parte experimental del laboratorio, calidad y gestión. Desde Julio 2009 trabaja en el Departamento de Química Analítica de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la EHU-UPV (Ibea) colaborando en el proyecto «Eco-innovación en Euskadi: Políticas, Tecnología y Competitividad». Sus campos de investigación son Materiales de construcción sostenibles para el patrimonio construido: identificación, caracterización del material y sus posibles patologías en incorporación en la estructura.

MULHALL, Douglas. Investigador senior en el *Cradle to Cradle Chair* de la Universidad Erasmus de Rotterdam, especializado en el área del entorno construido y asesor de empresas multinacionales en asuntos empresariales de Cradle to Cradle ®. Con Michael Braungart ha trabajado durante muchos años con las empresas, los municipios y la Comisión Europea para diseñar, construir y gestionar el reciclaje y las energías renovables de micro-empresas en Brasil y China. Fue Director General de EPEA Internationale en Hamburgo en la década de 1990 y cofundador del Instituto Ambiental de América del Sur. Ha publicado los *best sellers* sobre nanotecnología y medicina molecular, incluyendo *Our Molecular Future; How Nanotechnology Robotics, Genetics and Artificial Intelligence Will Transform Our World*. Su trabajo reciente sobre nanomedicina se publica en la revista *Nature Journal Laboratory Investigation*. Asimismo es un cineasta premiado; son documentales son sus propias investigaciones que se transmiten por el canal *Arte* en Europa y el canal *Arts & Entertainment Channel* en los Estados Unidos.

MUNIOZGUREN COLINDRES, Javier. Doctor Ingeniero Industrial y Catedrático de Universidad en la Universidad del País Vasco, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao, de la que fue director. Es director del Departamento de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería, y responsable del Aula de Ecodiseño, de la citada universidad. Ingeniero consultor y secretario de la Junta Rectora del Colegio de Ingenieros Industriales de Bizkaia. Vocal de la Junta Rectora de la Fundación Escuela de Ingenieros. Vocal del Consejo de Dirección de INGEGRAF Asociación Española de Ingeniería Gráfica, de la que fue Presidente. Ha sido vocal del Consejo General de Ciencia y Tecnología, Plan Nacional de I+D y vocal de la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora del Ministerio de Educación. Director de varias tesis doctorales y autor de libros y artículos de su especialidad. Miembro de los comités científicos de congresos internacionales y nacionales: Cadex, Ingegraf, Compugraphics, Edugraphics, Italoespañol de Diseño Mecánico, etc. Miembro del Consejo de Redacción de las revistas *Anales de Ingeniería Gráfica*, *Fabrikart*, etc.

RÍO GONZÁLEZ, Pablo del. Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad Autónoma de Madrid y Científico Titular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Sus líneas de investigación están relacionadas con el análisis económico de los instrumentos de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, el análisis económico de los instrumentos de promoción de las energías renovables y su interacción con otros instrumentos de política ambiental y energética y el análisis de los patrones determinantes y barreras al cambio tecnológico ambiental en la industria. Ha participado en varios proyectos europeos sobre estos temas y publicado sus trabajos en revistas internacionales y nacionales, incluidas *Ecological Economics*, *Energy Policy*, *Energy Economics*, *Journal of Cleaner Production*, *Journal of Industrial Ecology*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* y *Energy*.

SAENZ DE ZAITEGUI TEJERO, Eguzkiñe. Licenciada en Sociología en la Universidad de Deusto (Bilbao, 2003). Desde 2006 trabaja como investigadora junior en la Unidad de Sistemas de Innovación de Tecnalia. En la actualidad participa como investigadora en el proyecto ETORTEK, eCo-BERRI, referido a la Eco-Innovación en Euskadi: Políticas, Tecnología y Competitividad. Ha participado en diversos proyectos en distintos campos de inves-

tigación relativos al desarrollo regional y local, como los sistemas sectoriales y regionales de innovación, la economía del conocimiento, y los nuevos modelos de desarrollo relacionados con la innovación y la sostenibilidad. Formó parte de un equipo de investigación de la Universidad de Deusto en el ámbito de los estudios territoriales, adquiriendo en este período, amplia experiencia en el manejo y desarrollo de aplicaciones GIS y en la elaboración de sistemas de indicadores y análisis cuantitativo avanzado.

SCHEPELMANN, Philipp. Coordinador del proyecto en el Grupo de Investigación de flujos de materiales y gestión de recursos en el Instituto Wuppertal del Clima, Medio Ambiente y Energía. Doctorado en planificación ambiental. Ha trabajado como analista y asesor de política de varios Estados miembros, la Comisión Europea, el Parlamento Europeo, la Agencia Europea de Medio Ambiente, así como para organizaciones no gubernamentales. Ha sido docente en la Universidad de Ciencias Aplicadas de Trier, la Universidad del Pacífico Asiático de Oita (Japón), la Universidad de Kassel y el Centro Europeo de Excelencia Jean Monnet, de la Universidad de Wuppertal.

TELLADO LARAUDOGOITIA, Nagore. Licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad de Zaragoza y Master en Gestión Medioambiental por la Universidad del País Vasco. En 2001 se incorporó a trabajar en Labein, en la Unidad de Construcción y Medio Ambiente en el campo de la acústica arquitectónica y ambiental. Actualmente como investigador senior desempeña las funciones de Jefe de Proyecto de proyectos de investigación internacionales en el campo de la eficiencia energética en la edificación. Los campos de investigación incluyen el desarrollo de nuevos productos y de sistemas para la edificación que minimicen el consumo energético de los edificios.

UGALDE SÁNCHEZ, Igone. Licenciada en Ciencias Políticas y Sociología Industrial por la Universidad de Deusto (Bilbao, 1985). Desde 2003 trabaja como investigadora senior en la Unidad de Sistemas de innovación de Tecnalia. Actualmente es coordinadora del proyecto ETORTEK eCo-BERRI «Eco-Innovación en Euskadi: Políticas, Tecnología y Competitividad». Ha trabajado en el área de investigación de mercado, así como socioeconómica y de consultoría en diferentes campos referidos a los sistemas regionales de innovación y sectorial, políticas de I+D+i y desarrollo sostenible, entre otros, participando en un número importante de proyectos tanto en Europa como en Sudamérica. Trabajó en diversas organizaciones de ámbito internacional: Instituto Europeo de Prospectiva Tecnológica (Ispra-Italia), Taylor-Nelson Sofres S.A. (Madrid y Londres), el Instituto para el Desarrollo Regional de Madrid —IMADE— (Madrid), la Agencia Española para la Cooperación Internacional del Ministerio español de Asuntos Exteriores (sedes de Madrid, Colombia y Venezuela), e investigadora visitante en el Centro de Estudios Avanzados de la Universidad de Cardiff (Reino Unido).

URIARTE ARRIEN, Amaia. Ingeniero industrial por la UPV-EHU. Se incorpora a Tecnalia en 2001, donde ha trabajado en diversos proyectos dando apoyo a la administración y a la industria manufacturera en el área de emisiones atmosféricas, y el cumplimiento de los objetivos de Kioto de la CAPV. Desde el 2008 trabaja en el ámbito de la edificación sostenible, y en la mejora de la eficiencia energética en la edificación.

WEBER, Matthias. Jefe de la Unidad de Políticas sobre Investigación, Tecnología e Innovación (RTI) en el *Austrian Institute of Technology AIT, Foresight & Policy Development Department*. Ha trabajado durante años en el ámbito de las políticas relacionadas con las estrategias de transformación a largo plazo y enfocadas al desarrollo sostenible basadas en métodos de prospectiva y escenarios. Su experiencia cubre una amplia gama de temas (por ejemplo, las TIC, el transporte, energía, seguridad, medio ambiente), así como temas transversales de política RTI. Entre sus actuales proyectos destacarían aquellos relacionados con la prospectiva en la formulación de políticas de transición enfocadas al desarrollo sostenible, la integración de la innovación en las políticas sectoriales e intersectoriales, y la gobernanza de redes de colaboración en I+D. Regularmente asesora a instituciones nacionales y europeas en materia de política de I+D+i, y forma parte de grupos de expertos de alto nivel en *Tecnologías Clave* (2005) y sobre *ERA Rationales* (2007/08). Es también presidente de la red de apoyo a la política tecnoeconómica de la Unión Europea ETEPS, y miembro de la Junta Directiva del IEV Innovation Economics de Viena, y de la Universidad de Viena.

NATURALEZA, OBJETIVOS Y PERFIL EDITORIAL DE LA REVISTA *EKONOMIAZ*

DECLARACIÓN DE OBJETIVOS

Las revistas, en tanto que son los principales medios de comunicación científica; poseen una gran responsabilidad en el desarrollo de la ciencia. Su forma de contribuir a él es estableciendo una política editorial definida y transparente respecto de aspectos que tienen que ver con la ética de la investigación y publicación, con el proceso de evaluación y «arbitraje» científico, con una buena gestión profesional y con otros aspectos editoriales fundamentales.

Ekonomiaz, se fundó en 1985, lleva casi un cuarto de siglo inmersa en la comunidad científica económica. Sus objetivos fundamentales son: a) la promoción de la investigación científica universitaria y la divulgación de sus resultados en los campos de la teoría y la economía empírica y aplicada, con especial atención a los de la Economía, el Derecho y la Administración del Sector Público; b) la divulgación de calidad de los avances científicos conseguidos en las áreas que cultiva; c) la colaboración en la racionalidad del proceso de toma de decisiones públicas en materia económica, facilitando explicaciones, fundamentos y datos para respaldar el diseño, la ejecución y la evaluación de las políticas económicas de la Administración Pública vasca.

Ekonomiaz siempre ha adoptado una perspectiva científica rigurosa basada en el realismo científico entre cuyos componentes figuran la objetividad, la imparcialidad, el enfoque global e interdisciplinar y la contrastación empírica de hipótesis y resultados. Con el subtítulo de *Revista Vasca de Economía* se ha querido subrayar que aunque sus análisis no se circunscriben exclusivamente a su ámbito territorial natural, el conocimiento de la economía vasca y la perspectiva del desarrollo y la innovación regional deben estar siempre presentes.

La concepción del contenido de la revista se basa en la elección de un tema central sobre el que pivotan los artículos. La elección de dichos temas se guía por el criterio de relevancia en su doble acepción de importancia y pertinencia: los temas seleccionados son aquellos que se encuentran en cada momento en el centro del debate académico, político y social. Sin embargo, *Ekonomiaz* no se limita a abordar los temas candentes del momento, con una visión a corto plazo; sino que como herramienta de prospección económica a medio y largo plazo intenta también penetrar en el futuro. Por ello, *Ekonomiaz* trata de situarse lo más cerca posible de la vanguardia del conocimiento planteando temas que puedan llegar a ser objeto de especial interés y atención en el mundo académico y político. Además,

la revista incorpora la sección «Otras colaboraciones» donde se publican trabajos originales «no solicitados expresamente» relativos a asuntos de interés en la economía real y la investigación académica.

GESTIÓN EDITORIAL

La gestión editorial de la revista *Ekonomiaz*, que es uno de los elementos esenciales de la política editorial, descansa en dos órganos: el Consejo de Redacción y la Dirección ejecutiva. El primero es el responsable de mantener la línea editorial, así como de la selección de los temas centrales de investigación, del asesoramiento científico general y de la relación con centros de investigación y universidades. Los miembros de este consejo se eligen de acuerdo con principios de excelencia profesional y académica, y capacidad investigadora, así como con criterios de experiencia en tareas de dirección, y, a ser posible, en la edición de revistas científicas. Las funciones de dirección ejecutiva son asumidas por un equipo integrado por un director ejecutivo, un subdirector y tres editores. Este equipo es el responsable del buen funcionamiento de los procesos de selección, evaluación (basado en un sistema de doble evaluación anónima) y publicación de los trabajos originales.

Ekonomiaz está admitida en el Catálogo de revistas Latindex al cumplir la mayoría de los criterios bibliográficos de calidad establecidos por el acreditado sistema de información, tanto para revistas escritas como electrónicas. Hay que subrayar que en el Catálogo Latindex sólo aparecen las revistas previamente seleccionadas y clasificadas según criterios internacionales de calidad editorial previamente probados y convenidos por el Sistema Latindex.

Dichos criterios son utilizados por la base de datos DICE (Difusión y Calidad Editorial de las Revistas Españolas de Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas) que tiene como objetivo facilitar el conocimiento y la consulta de algunas de las características editoriales de las revistas españolas de Humanidades y Ciencias Sociales más estrechamente ligadas a la calidad. La base de datos DICE está desarrollada por el CINDOC (Centro de Información y Documentación científica) y la ANECA (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación).

La revista *Ekonomiaz* está calificada dentro de las 19 mejores revistas de Economía según los criterios de evaluación de revistas científicas del DICE perteneciente al CINDOC del CSIC (Centro Superior de Investigaciones Científicas).

Todos los artículos de los monográficos de la revista *Ekonomiaz* están accesibles en nuestra web <http://www1.euskadi.net/ekonomiaz/>.

NORMAS DE PRESENTACIÓN DE TEXTOS ORIGINALES A LA REVISTA *EKONOMIAZ*

1. ORIGINALIDAD

La originalidad que exige *Ekonomiaz* obliga a que el contenido de los artículos no podrá haber sido publicado y tampoco figurar en otro trabajo que esté a punto de publicarse o en proceso de publicación en cualquier otra revista nacional o extranjera (en una versión similar traducida), ya sea de edición ordinaria o electrónica. Se entiende por publicación repetitiva no sólo el duplicado exacto de un artículo, sino también la publicación repetida de esencialmente la misma información y análisis, así como formar parte de un libro del autor o colectivo.

Además, en la carta de presentación de artículos originales se debe incluir la declaración de que el manuscrito se ha enviado solamente a *Ekonomiaz* y que, por tanto, no se ha enviado simultáneamente a ninguna otra.

De no haber una declaración expresa de la contribución específica de cada uno de los autores o autoras en un trabajo colectivo, se entiende que todos ellos indistintamente han participado en la concepción y el diseño, la recogida de datos, el análisis y la interpretación de los mismos, la redacción del borrador, la revisión crítica del artículo y la aprobación final.

2. RIGOR Y CALIDAD

Los factores sobre los que se fundamenta la calidad exigida a los trabajos originales que se presentan y, en consecuencia, la decisión sobre la aceptación y rechazo de los originales por parte de Consejo de Redacción de *Ekonomiaz* son, básicamente, los siguientes:

- Originalidad de los resultados obtenidos o hipótesis verificadas (con distintos grados). Actualidad y novedad científica.
- Relevancia social y epistemológica: utilidad o aplicabilidad y significación o avance en el conocimiento.
- Fiabilidad y validez científica, es decir, calidad metodológica contrastada.
- Redacción excelente, estructura y coherencia lógica y buena presentación material. Así mismo *Ekonomiaz* recomienda y valora la incorporación de la perspectiva de género en los análisis efectuados. Los originales deberán estar escritos en lengua española, inglesa o euskera.

3. ESTILO

Debe cuidarse el estilo y la claridad de la escritura, respetarse escrupulosamente las normas gramaticales y recomendaciones de las autoridades de la lengua, y evitarse las expresiones redundantes e innecesarias, así como un uso sexista del lenguaje. Cuando el idioma original no sea el inglés, se desaconseja el uso de anglicismos técnicos, salvo que no exista voz ni forma de adaptación al español o al euskera, así como los anglicismos sintácticos o de construcción. Las normas internacionales ISO (UNE, en español) son de especial relevancia y deben tenerse en cuenta en el ámbito de la edición científica.

La Redacción de la revista podrá hacer modificaciones menores de redacción: eliminar errores gramaticales y tipográficos; expresiones poco afortunadas; giros vulgares o enrevesados, frases ambiguas o afirmaciones dudosas,... a fin de asegurar la corrección gramatical, la adecuación al estilo científico y el estricto respeto a las normas técnicas y de estilo de las fuentes más autorizadas: el Libro de Estilo del IVAP (Instituto Vasco de Administración Pública); y los diccionarios de la Real Academia de la Lengua Española y Euskaltzaindia.

Obviamente no pueden introducirse cambios en el contenido sustancial del artículo sin conocimiento y aceptación del autor o autora. Dado que la responsabilidad del contenido de un trabajo así como su propiedad pertenecen a los autores hasta que no es publicado en *Ekonomiaz*, la revista les informará de los posibles cambios y modificaciones de significado que hayan podido producirse durante la revisión crítica y estilística del original, previa a su publicación, y pedirá autorización para modificar el contenido y adaptarlo al estilo editorial. El autor o autora deberá aceptar las correcciones de estilo propuestas por *Ekonomiaz* o rechazarlas razonadamente.

4. EVALUACIÓN PRECEPTIVA

Los artículos originales recibidos son sometidos al proceso de doble evaluación anónima mediante evaluadores profesionales externos, independientemente de si los trabajos han sido presentados por los autores o autoras a la redacción sin solicitud previa o si han sido pedidos expresamente por los editores o el coordinador nombrado para dirigir el monográfico. *Ekonomiaz* cuenta con una cartera de evaluadores de primer nivel, acreditados por su participación activa y regular en procesos de evaluación de publicaciones nacionales y extranjeras de prestigio. El equipo de la redacción junto con el Consejo de Redacción supervisa y evalúa la calidad de las revisiones y de los evaluadores externos.

5. NORMAS DE PRESENTACIÓN FORMAL DE MANUSCRITOS

1. Los originales, que podrán estar escritos en español, euskera o inglés, en formato MICROSOFT WORD® o compatible, deberán remitirse en versión electrónica bien por correo electrónico (economia@ej-gv.es) o por correo ordinario (en disquete de 3,5", pen drive o en CD-Rom) a la siguiente dirección:

Revista *EKONOMIAZ*

Dirección de Economía y Planificación
Departamento de Economía y Hacienda
Eusko Jaurlaritza / Gobierno Vasco
Donostia-San Sebastián, 1
01010 Vitoria-Gasteiz

2. La Redacción de *Ekonomiaz* acusará recibo de los originales, y notificará al autor, a la dirección de contacto señalada, las posibles incidencias del envío. Para cualquier información sobre el proceso editorial, los autores pueden contactar con la redacción en: <economia@ej-gv.es>.
3. Los originales deberán estar mecanografiados a espacio y medio, con un cuerpo de letra de tipo 12 y con márgenes mínimos de 2,5 centímetros. La extensión de los trabajos deberá estar comprendida entre 25-40 páginas, incluidos apéndices, cuadros y gráficos. En la primera página deberá constar el nombre del autor o autores junto con la institución a la que pertenezcan, además de una dirección de contacto, que incluirá tanto los datos postales como los números de teléfono, fax y la dirección de correo electrónico. Esta dirección de contacto será la empleada en las comunicaciones de los editores de la revista.
4. Cada original incluirá, en una hoja independiente, un resumen del trabajo de no más de 125 palabras en español y en inglés, un índice del contenido, una lista de palabras clave también en español e inglés (al menos dos y no más de cinco) y las referencias correspondientes a la clasificación del *Journal of Economic Literature*.
5. El texto correspondiente al contenido del trabajo presentado deberá comenzar en una nueva página. Las distintas secciones en las que se estructure el artículo han de numerarse de forma correlativa siguiendo la numeración arábiga (incluyendo como 1.^a la sección de introducción) y la rúbrica correspondiente se consignará en letras minúsculas tipo negrita. Consecutivamente, los apartados de cada sección se numerarán con dos o, si fuera preciso, tres dígitos (por ejemplo: 2.3, 2.3.2).
6. Los cuadros, gráficos estadísticos y el material gráfico, en general, se numerarán de forma consecutiva en cada categoría y siempre con números arábigos. En cuanto a su ubicación en el original, siempre figurarán al final del documento, tras las referencias y, en su caso, los apéndices; a lo largo del texto se indicará claramente el lugar preciso en el que deberán aparecer en la versión impresa. Su utilización debe ser siempre mesurada, no debiéndose incluir información innecesaria o irrelevante.
7. Si el artículo incluye representaciones gráficas, se adjuntarán los datos numéricos que sirven de base para su elaboración.
8. Las ecuaciones y cualquier otra expresión matemática deberán aparecer numeradas de forma correlativa a lo largo del texto y con alineamiento al margen derecho.
9. Las notas que se intercalen en el texto deberán limitarse por criterios de estricta oportunidad, de acuerdo con el desarrollo del trabajo. Para referenciar las notas que pudie-

ran incluirse en tablas o cuadros se usarán letras minúsculas (a, b, etc.), presentando su contenido al pie del respectivo cuadro o gráfico. Los agradecimientos y cualquier otra información que pudiera incorporarse figurarán referenciadas mediante un asterisco asociado al título del artículo o al nombre del autor o autores según corresponda.

10. Las referencias a la literatura científica invocadas en el trabajo figurarán tras la última sección del artículo y bajo la rúbrica Referencias bibliográficas. Se detallarán por orden alfabético de autores (no numerada). Su correcta verificación es responsabilidad del autor. Las citas aparecerán en el texto según el formato «autor-fecha», distinguiendo mediante letras minúsculas consecutivas si existen coincidencias de autor y año. Las referencias en el texto que incluyan hasta dos autores deben ser completas, usándose la fórmula et al. para un mayor número de autores.
11. En cuanto a la composición de las entradas en la lista bibliográfica se ajustarán al siguiente formato:

AUERBACH, A. y KOTLIKOFF, L. J. (1983): «National savings, economic welfare, and the structure of taxation», en Feldstein, M.S. (ed.), *Behavioural simulation methods in tax policy analysis*, NBER-The University of Chicago Press, 459-498, Chicago.

COWELL, F.A. (1990): *Cheating the government: The economics of tax evasion*, Massachusetts MIT Press, Cambridge.

HOOVER, K. (1984): «Comment on Frazer and Boland-II», *American Economic Review*, 74: 789-794.

——— 1988: *The New Classical Macroeconomics*, Blackwell, Oxford.

——— 1989: «Econometrics as Measurement», mimeo.

——— 1990: «Scientific Research Program or Tribe? A joint appraisal of Lakatos and the New Classical Macroeconomics», University of California, working Paper, 69, Davis.

——— 1991a: «Calibration and the Econometrics of the Macroeconomy», mimeo.

——— 1991b: comunicación privada.

MIRRLEES, J.A. (1971): «An exploration in the theory of optimum income taxation», *Review of Economic Studies*, 38: 175-208.

SEGURA, J. (1991): «Cambios en la política de defensa de la competencia y la política industrial», *Ekonomiaz*, 21: 32-49.

12. En el caso de que el original se acepte para su publicación, el autor o autora se compromete a satisfacer las recomendaciones y prescripciones de los informes de evaluación y presentar una versión mejorada. También deberá revisar las pruebas de imprenta en un plazo máximo de cuatro días desde su recepción.
13. Los autores o autoras recibirán dos ejemplares del número de la revista en el que se publique el original, así como la versión definitiva en PDF de su artículo.

6. DERECHOS DE PROPIEDAD

EKONOMIAZ será recepcionista de todos los derechos de propiedad de los artículos originales recibidos y publicados que serán gestionados conforme a la licencia Creative Commons , incluyendo reconocimiento y no uso comercial ni de obras derivadas, salvo permiso y en las condiciones establecidas por el propietario de los derechos.

RELACIÓN DE EVALUADORES QUE COLABORAN CON *EKONOMIAZ* REVISTA VASCA DE ECONOMÍA

APELLIDOS, NOMBRE	ORGANISMO
Aixalá Pasto, José	Universidad de Zaragoza
Alcántara Escolano, Vicent	Universidad Autónoma de Barcelona
Alonso Carrera, Jaime	Universidad de Vigo
Altuzarra Artola, Amaia	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Alvarado García, Carlos Agustín	Universidad de Deusto
Alvarez Otero, Susana	Universidad de Oviedo
Álvarez Peralta, Ignacio	Universidad Complutense de Madrid
Ansuategi Cobo, Alberto	EHV-UPV Universidad del País Vasco
Aranguren Querejeta, María José	Universidad de Deusto - ESTE
Araujo de la Mata, Andrés	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Arévalo Tomé, Raquel	Universidad de Vigo
Arriola Palomares, Joaquín	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Arto Olaizola, Iñaki	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Astorkiza Izkazuriaga, Inmaculada	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Ayala Cañón, Luis	Ministerio de Economía y Hacienda
Bárcena Martín, Elena	Universidad de Málaga
Bastida Vilà, Benjamín	Universidad de Barcelona
Bermejo Gómez de Segura, Roberto	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Betzuen Zalbidegoitia, Amancio	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Bonilla Regadera, José Miguel	Tribunal Vasco Cuentas Públicas
Borrell Arqué, Joan Ramón	Universidad de Barcelona
Caballero Míquez, Gonzalo	Universidad de Vigo
Cabasés Hita, Juan Manuel	Universidad Pública de Navarra
Calero Pérez, Pedro	Universidad de Salamanca
Camarero Izquierdo, Carmen	Universidad de Valladolid
Cantarero Prieto, David	Universidad de Cantabria
Cantó Sánchez, Olga	Universidad de Vigo

APELLIDOS, NOMBRE	ORGANISMO
Carpintero Redondo, Oscar	Universidad de Valladolid
Cerbán Jimenez, Maria del Mar	Universidad de Cádiz
Cuello de Oro Celestino, Diego Jesús	Universidad de Valladolid
Chamorro Gómez, José Manuel	EHU-UPV Universidad del País Vasco
De Pablo Valenciano, Jaime	Universidad de Almería
De Rus Mendoza, Ginés	Universidad de Las Palmas
Del Río Otero, Coral	Universidad de Vigo
Del Saz Salazar, Salvador	Universidad de Valencia
Del Valle Erkiaga, Ikerne	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Déniz Mayor, José Juan	Universidad de Las Palmas
Díez Roldán, Carmen	Universidad de Castilla-La Mancha
Durán Cabré, José María	Universidad de Barcelona
Elizagárate Gutierrez, Victoria	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Elizagárate Gutierrez, Juan Carlos	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Escapa García, Marta	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Escudero de la Hera, Juan Carlos	Gobierno Vasco
Esteban Galarza, Marisol	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Esteller Moré, Alejandro	Universidad de Barcelona
Estoa Pérez, Abel	Comisión Nacional de la Energía
Ferreiro Aparicio, Jesús	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Freire Serén, María Jesús	Universidad de Vigo
Galarraga Gallastegui, Ibon	Naider
Galindo Martín, Miguel Ángel	Universidad de Castilla-La Mancha
García Larragán, José Ignacio	Universidad Comercial de Deusto
García Montoya, Miguel Ángel	EHU-UPV Universidad del País Vasco
García Pérez, Carmelo	Universidad de Alcalá
Garmendia Ibañez, Jesús	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Garrido-Yserte, Rubén	Universidad de Alcalá
Gibaja Martins, Juan José	Universidad de Deusto-ESTE
González-Casimiro, Pilar	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Goñi Mendizabal, Igor	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Gracia Andía, Ana Belén	Universidad de Zaragoza
Gradín Lago, Carlos M.	Universidad de Vigo
Guillamón Martínez, David	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Gutiérrez Cillán, Jesús	Universidad de Valladolid

APELLIDOS, NOMBRE	ORGANISMO
Gutiérrez Hurtado, Fco. Javier	Universidad de Valladolid
Hernández Carrión, Carlos	Universidad de Burgos
Herrero Alcalde, Ana	UNED
Hoyos Ramos, David	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Huerta Arribas, Emilio	Universidad Pública de Navarra
Iglesias Fernández, Carlos	Universidad de Alcalá
Jurado Pérez, Nekane	Gobierno Vasco
Labandeira Villot, Francisco Xavier	Universidad de Vigo
Larreina Díaz, Mikel	Universidad Comercial de Deusto
Lobejón Herrero, Luis Fernando	Universidad de Valladolid
López i Casasnovas, Guillem	Universitat Pompeu Fabra
Lorca Fernández, Pedro	Universidad de Oviedo
Madariaga Ibarra, Joseba A.	Universidad Comercial de Deusto
Mallor Giménez, Fermín	Universidad Pública de Navarra
Mancha Navarro, Tomás	Universidad de Alcalá
Martínez Arnáiz, Alberto	EHV-UPV Universidad del País Vasco
Mogás Amorós, Joan	Universitat Rovira i Virgili
Moneva Abadía, José Mariano	Universidad de Zaragoza
Muñoz Cidad, Cándido	Universidad Complutense de Madrid
Murga Elexpuru, Mikel	Massachusetts Institute of Technology (MIT)
Murua Múgica, Juan Ramón	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Navarro Arancegui, Mikel	Universidad de Deusto-ESTE
Ogando Canabal, Olga	Universidad de Valladolid
Ortún Rubio, Vicente	Universitat Pompeu Fabra
Otero Giráldez, María Soledad	Universidad de Vigo
Padilla Rosa, Emilio	Universidad Autónoma de Barcelona
Palacio Vera, Alfonso	Universidad Complutense de Madrid
Pascual Arzoz, Pedro	Universidad Pública de Navarra
Pascual García de Azilu, Unai	Universidad de Manchester
Pena López, José Atilano	Universidade da Coruña
Peña Legazkue, Iñaki	Universidad de Deusto-ESTE
Pérez Arriaga, Ignacio	Universidad Pontificia Comillas
Pérez García, Francisco	Universidad de Sevilla
Pina Martínez, Vicente	Universidad de Zaragoza
Planas Miret, Ivan	Universitat Pompeu Fabra

APELLIDOS, NOMBRE	ORGANISMO
Plaza Inchausti, M. ^a Beatriz	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Ramos Morilla, Xavier	Universidad Autónoma de Barcelona
Rausell Köster, Pau	Universidad de Valencia
Raymond Bara, José Luis	Universidad Autónoma de Barcelona
Roca Jusmet, Jordi	Universidad Autónoma de Barcelona
Rodríguez Enríquez, Eduardo	Universidad de Oviedo
Rodríguez Fernández, José Miguel	Universidad de Valladolid
Rodríguez González, Carlos	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Rojo Porras, M. ^a Paz	Gobierno Vasco
Romero Gil, Begoña	Sindicatura de Comptes-Valencia
Ruiz de Arbulo, Patxi	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Ruiz Elva, Vidal	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Sánchez Sánchez, Antonio	Universidad de Zaragoza
Sánchez Santos, José Manuel	Universidade da Coruña
Santibañez Gruber, Javier	Universidad Comercial de Deusto
Sanz Villarroya, Isabel	Universidad de Zaragoza
Sastre García, Mercedes	Universidad Complutense de Madrid
Segura Sánchez, Julio	Comisión Nacional del Mercado de Valores
Serrano Martínez, Lorenzo	Universitat de València
Serrano Pérez, Felipe	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Simón Fernández, Blanca	Universidad de Zaragoza
Soto Guinda, Joaquín	Ministerio de Economía y Hacienda
Tránchez Martín, Manuel	UNED
Utrilla de la Hoz, Alfonso	Universidad Complutense de Madrid
Velasco Barroetabeña, Roberto	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Verona Martel, María Concepción	Universidad de Las Palmas
Vilalta i Ferrer, Maite	Universidad de Barcelona
Vilardell Riera, Immaculada	Universidad Autónoma de Barcelona
Villarreal Larrinaga, Oskar	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Zabala Rabadán, Oskar	Ente Vasco de la Energía-EVE
Zarraga Castro, Amaia	EHU-UPV Universidad del País Vasco
Zurbano Irizar, Mikel	EHU-UPV Universidad del País Vasco

EKONOMIAZ

ÚLTIMOS NÚMEROS PUBLICADOS

50. El gobierno de la empresa
51. La propiedad intelectual en la sociedad de la información
52. Lecciones de la deflación: Estados Unidos frente a Japón
53. La política de clusters en el País Vasco
54. El siglo XX en la historia económica del País Vasco: de la gran empresa a las pymes.
55. Inversión extranjera directa y procesos de deslocalización
56. Ciencia, tecnología innovación y sociedad.
57. Valoración de activos ambientales: la catástrofe del Prestige
58. Ciudades Región Globales. Espacios creativos y Nueva Gobernanza
59. Capital Social. Innovación Organizativa y Desarrollo Económico
60. La evaluación de las políticas públicas
61. Economía y derecho de la competencia
62. La actividad emprendedora como motor de desarrollo económico
63. Infraestructuras tecnológicas. Soporte de la Economía del siglo XXI
64. Desarrollo sostenible y Agenda 21 Local.
65. Responsabilidad social de la empresa. Más allá de la sabiduría convencional
66. Claves del sistema financiero
67. Economía del cambio climático. Diseño de políticas de mitigación y adaptación
68. Grupos empresariales. Nuevos agentes económicos de decisión
69. La política fiscal. Perspectivas actuales.
70. Sistemas regionales de innovación.
71. Sociedades en emergencia energética
72. La financiarización de la Economía. El fracaso del crecimiento dirigido por las finanzas
73. Nueva política de transporte para el siglo XXI. La respuesta al reto de la sostenibilidad
74. Gobernanza y competitividad territorial

PRÓXIMOS NÚMEROS

Prospectiva y tendencias
Calidad institucional

SUSCRIPCIÓN A EKONOMIAZ

Para suscribirse a EKONOMIAZ deberá enviarse por correo postal el «Boletín de suscripción» debidamente llenado acompañado de: o talón bancario a favor de la Tesorería General del Gobierno Vasco, o copia del resguardo de la transferencia bancaria a la cuenta abajo indicada.

BOLETÍN DE SUSCRIPCIÓN

Nombre o razón social.
Domicilio
Localidad D.P.
Provincia o país
DNI/NIF Tfno.

TARIFAS: Suscripción anual (3 números)

- Particulares: 18 €.
- Instituciones y empresas: 30 €.
- Números sueltos: 12 €.
- Estudiantes: 20% de descuento.

PAGO Talón bancario a favor de «Tesorería General del Gobierno Vasco»
 Transferencia bancaria a la cuenta de Caja Vital: 2097 0178 17 0010964270

Firma o sello

EKONOMIAZ

Ekonomia eta Ogasun Saila / Dpto. de Economía y Hacienda
Eusko Jaurlaritza/Gobierno Vasco. Donostia-San Sebastián z/g - 01010 Vitoria-Gasteiz
Tfno.: 945 019 038 - Fax: 945 019 062
E-mail: economia@ej-gv.es
<http://www1.euskadi.net/ekonomiaz>

EKONOMIAZ ALDIZKARIAREN HARPIDETZA

EKONOMIAZ aldizkariaren harpidetza egiteko «Harpidetza orria»ren datuak bete behar dira. Gero Eusko Jaurlaritzako Altxortegi Orokorraren izenean egindako banku taloia edo behean adierazten den kontu zenbakira bidalitako transferentziaren ordezkagiriaren kopia eta harpidetza orria bidali iezaitzguzu.

HARPIDETZA-ORRIA

Interesatuaren edo sozietatearen izena.....	
Helbidea	
Herria	P.K.
Probintzia edo herrialdea.....	
NAN/IFZ	Tlf.

TARIFAK: Urteko harpidetza (3 ale)

- Bereziak: 18 €.
- Erakunde eta enpresak: 30 €.
- Ale solteak: 12 €.
- Ikasleentzat: %20ko beherapena.

ORDAINKETA Banku-taloia «Eusko Jaurlaritzako Altxortegi Orokorra»
 Banku-transferentzia. Vital Kutxa: 2097 0178 17 0010964270

Sinadura edo zigidua

EKONOMIAZ

Economía eta Ogasun Saila / Dpto. de Economía y Hacienda
Eusko Jaurlaritza/Gobierno Vasco. Donostia-San Sebastián z/g - 01010 Vitoria-Gasteiz
Tfno.: 945 019 038 - Fax: 945 019 062
E-mail: economia@ej-gv.es
<http://www1.euskadi.net/ekonomiaz>

SUBSCRIPTION TO EKONOMIAZ

In order to subscribe to EKONOMIAZ please mail a duly filled-in «Subscription Form» together with either a cheque made out to the name of Tesorería General del Gobierno Vasco, or copy of the receipt of a bank transfer to following bank account:

SUBSCRIPTION FORM

Name

Address

Town/Village Postal code

Province or country

Identity card number Tfno.

TARIFFS: Anual subscription (3 issues)

- Private individuals: 18 €.
- Institutions: 30 €.
- Single issues: 12 €.
- Students: 20% discount.

PAYMENT Bank cheque made out to «Tesorería General del Gobierno Vasco»
 Bank transfer to the account at Caja Vital: 2097 0178 17 0010964270

Signature or stamp

EKONOMIAZ

Economia eta Ogasun Saila / Dpto. de Economía y Hacienda
Eusko Jaurlaritza/Gobierno Vasco. Donostia-San Sebastián z/g - 01010 Vitoria-Gasteiz
Tel: 945 019 038 - Fax: 945 019 062
E-mail: economia@ej-gv.es
[Http://www1.euskadi.net/ekonomiaz](http://www1.euskadi.net/ekonomiaz)

TEKTON



La eco-innovación rompe con la idea de que los avances medioambientales están ligados exclusivamente a las tecnologías «final de tubería» y que constituyen un bien público que no produce rendimientos claros para la empresa. De hecho, no sólo es una fuente de ventaja competitiva para la empresa, sino que se trata de un fenómeno intersectorial y sistémico en el que la sostenibilidad de un producto, proceso o práctica depende de los efectos coproducidos por cadenas de prácticas y también de la coevolución de los ámbitos tecnológico, institucional, de mercado, cultural, de infraestructuras y de patrones de conducta. Habida cuenta de todo ello, no sorprende que la innovación para la sostenibilidad esté llamada a convertirse en un nuevo ámbito privilegiado para el análisis y la intervención política.