

vt

informe de vigilancia tecnológica

serie
informes de tecnologías clave de la Comisión Europea

miod

tecnologías
ambientales

vt

CE
3

K. Mathias Weber

www.madrimasd.org



Acción
Innovadora

miod

vt

mi+d

informe de **vigilancia** tecnológica

serie
informes de tecnologías clave de la Comisión Europea

**tecnologías
ambientales**

K. Mathias Weber

www.madrimasd.org



mi+d

Edición española coordinada por:



Todos los derechos están reservados. Se autoriza la reproducción total o parcial de este informe con fines educativos, divulgativos y no comerciales citando la fuente. La reproducción para otros fines está expresamente prohibida sin el permiso de los propietarios del copyright.

© De los textos: K. Mathias Weber

© De las traducciones: Servicio de traducción de la UAH

Revisado por: Juana Sanz
Susana Villar

Traducidos con el permiso de la CE.

- 5 RESUMEN EJECUTIVO
- 9 INTRODUCCIÓN
¿Qué son las Tecnologías ambientales?
- 14 CAPÍTULO 1
Los retos socioeconómicos para Europa
1.1 Retos socioambientales (PÁG. 17)
- 23 CAPÍTULO 2
La respuesta política en Europa-Desarrollos recientes
2.1 Desarrollos recientes en política ambiental (PÁG. 25)
2.2 Desarrollos recientes en política IDT (PÁG. 29)
- 35 CAPÍTULO 3
Desarrollos actuales y emergentes
en Tecnologías Ambientales
3.1 Tecnologías Ambientales-una primera visión general (PÁG. 37)
3.2 Desde el análisis de impacto hacia la comprensión sobre
las interacciones de la sociedad-medio ambiente (PÁG. 40)
3.3 El potencial ambiental de las tecnologías genéricas:
nuevas promesas e incertidumbre (PÁG. 42)
3.4 Tecnologías ambientales sectoriales específicas:
hacia una producción sostenible (PÁG. 48)
3.5 Productos ecológicos, productos-servicio y ecodiseño (PÁG. 52)
3.6 Gestión ambiental, de recursos y sistemas (PÁG. 55)
- 61 CAPÍTULO 4
Condiciones para la puesta en marcha de las Innovaciones
y Tecnologías Ambientales
4.1 Barreras y factores que impulsan las tecnologías ambientales
e innovaciones (PÁG. 63)
4.2 El papel de la política: de los instrumentos políticos ambientales
a las estrategias integradas (PÁG. 68)
4.3 Cuestiones transversales (PÁG. 71)
- 73 CAPÍTULO 5
Un análisis DAFO sobre investigación e innovación
5.1 Fortalezas en investigación e innovación (PÁG. 75)
5.2 Debilidades en investigación e innovación (PÁG. 76)
5.3 Oportunidades dentro del contexto (PÁG. 77)
5.4 Amenazas dentro del contexto (PÁG. 79)
- 83 CAPÍTULO 6
Conclusiones: Hacia una nueva agenda de investigación
6.1 Perspectivas para las Tecnologías Ambientales en Europa (PÁG. 84)
6.2 Dónde se encuentra Europa y hacia dónde necesita dirigirse (PÁG. 86)
6.3 Principios orientativos de una agenda de investigación para
las Tecnologías Ambientales (PÁG. 88)
- 91 BIBLIOGRAFÍA
Anexo 1 (PÁG. 95)
Anexo 2 (PÁG. 96)

RESUMEN EJECUTIVO

Principales resultados

Supuestamente, las tecnologías ambientales deberían contribuir a abordar varios retos socioeconómicos importantes: el cambio global, el agotamiento de recursos, la vida en un ambiente sano, la competitividad y el crecimiento. Conjuntamente, estos retos imponen a veces unos objetivos y unos requisitos que entran en conflicto con las Tecnologías Ambientales.

El reto clave a largo plazo consiste en realizar innovaciones del sistema, por ejemplo, combinaciones de innovaciones tecnológicas, organizativas y sociales en muchas áreas de la actividad económica que permitan aunar objetivos económicos, sociales y ambientales. Sin embargo, para poder realizar esta innovación del sistema hace falta reunir los requisitos de competencia.

Las tecnologías ambientales abarcan un amplio espectro de desarrollo tecnológico. Antiguamente, éstas se asociaban principalmente a sectores individuales (ver informes sectoriales sobre sistemas de energía, transporte y agro-regionales). No obstante, las tecnologías genéricas que están emergiendo cada vez más, se consideran cruciales (biotecnología, nanotecnología, materiales, TIC. Ver los respectivos informes). Además, los desarrollos transversales, como los servicios de productos orientados al medio ambiente, (ver informes de servicios) y la gestión ambiental y de recursos, probablemente crecerán en importancia. Se aprecia también un cambio fundamental en el paso del análisis sobre el impacto ambiental al análisis sobre las interacciones de la ecología y la sociedad, en la que los límites para valorar el impacto ambiental llevan a conclusiones diferentes.

Las tecnologías ambientales no son sólo de gran importancia en Europa sino que representan un mercado mundial de crecimiento rápido que ofrece oportunidades significativas para la exportación. Sin embargo, debido a diferencias regionales en reglamentos y prácticas, se observa que en algunas áreas de estas tecnologías también hay una fuerte especialización local, que implica una necesidad de proporcionar soluciones a nivel local o regional adaptadas.

Seguir siendo líder en tecnologías ambientales, bien para reducir los impactos ambientales en Europa bien para conseguir el beneficio de nuestras industrias orientadas a la exportación, es necesario mantener una posición líder en investigación y tecnología, así como en términos de optimización de soluciones de sistemas en contextos normativos y comerciales europeos.

Hacer desaparecer las barreras para la innovación del sistema a la vez que reconocer esto como un problema fundamental, no ha servido para pasar del todo a la acción. Además de la investigación y del desarrollo tecnológico, resulta crucial definir los marcos e incentivos.

DAFO

Europa tiene peso en un número de áreas sectoriales de tecnología ambiental, las cuales, se necesitan defender y mantener en el futuro.

En algunas áreas de tecnologías genéricas se puede añadir una base fuerte de competencia (materiales, segmentos de TIC, micro/nanosistemas), pero en otras (biotecnología, segmentos de TIC, nanotecnología) no se puede decir que se encuentren en una posición muy fuerte desde una perspectiva global aunque sí con un buen potencial para alcanzar el mismo nivel.

El desarrollo del mercado global así como la situación comercial ventajosa en Europa ofrece la oportunidad de mantenerse a la cabeza del mercado global, en Tecnologías Ambientales. Esto se podría mejorar con unas estrategias dentro de una política transparente a largo plazo para alcanzar la sostenibilidad.

Todavía hay mucha incertidumbre en torno al debate sobre el impacto ambiental que causa la tecnología en general. La complejidad de impactos de otro orden imponen serias barreras para realizar una elección bien justificada sobre las Tecnologías Ambientales.

Sólo se producirán oportunidades económicas y ambientales de las Tecnologías Ambientales cuando éstas se encuentren bien encajadas en un cambio de organización en cuanto a empresas y política (“coordinación”) se refiere. El énfasis que se ponga en el cambio de organización será clave para superar importantes barreras de sistemas y dominio de otras vías.

Recomendaciones

Habrà que seguir dos líneas de investigación para sacar el máximo beneficio de las Tecnologías Ambientales en un futuro. En primer lugar, se necesita un programa de investigación a largo plazo para hacer posible innovaciones del sistema y respaldar las correspondientes estrategias de transición a largo plazo. En segundo lugar, es necesario un programa a corto plazo para asegurar que la continua mejora de las tecnologías existentes y actuales vayan, por una parte dirigidas a la competitividad pero también por otra, orientadas a programas de transición a largo plazo.

El programa a largo plazo debería estar caracterizado por un énfasis en las innovaciones del sistema y el avance de nuevas perspectivas en el papel de lo social para sistemas ecológicos. Hace falta caminar hacia delante y romper con los avances en los caminos de tecnologías genéricas e importantes sistemas tecnológicos sectoriales para el beneficio del medio ambiente, estableciendo nuevos principios de diseño y el

desarrollo de productos-servicio. También debería ser tratada la investigación en asuntos institucionales y políticos relacionados con transiciones a largo plazo.

Los programas de investigación de corto a largo plazo enfatizan continuas mejoras en tecnologías sectoriales y genéricas, pero en línea con los objetivos a largo plazo y el programa de investigación. Como parte de la programación de corto a largo plazo, la inserción de Tecnologías Ambientales y las prácticas de administración en organizaciones así como el acceso a técnicas apropiadas, se deberían enfatizar como clave para aumentar la aceptación de Tecnologías Ambientales. Eliminar las barreras tecnológicas, económicas y relacionadas con el usuario en favor de la aceptación de estas tecnologías debería complementar este programa de investigación.

Para lograr innovaciones en el sistema, lo que más se necesita sin embargo es investigación y desarrollo. Se necesitan unas combinaciones bien diseñadas en cuanto a condiciones dentro de este marco (incentivos, reglamentos, instrumentos basados en el mercado) para las Tecnologías Ambientales, así como serios intentos para eliminar las barreras de organización y barreras institucionales en favor de la aceptación de innovaciones en Tecnologías Ambientales. Para conseguir esto, es necesario dar un paso hacia delante en términos de política de coordinación.

Las medidas complementarias implican la mejora del conocimiento y la competencia de base para el diseño ambiental y el desarrollo de productos en Europa. Los planes de enseñanza y educación juegan aquí un papel de gran importancia.

Es necesaria una comprensión nueva y más compleja sobre el impacto ambiental. Los modelos actuales tienden a ser demasiado simples y a omitir los efectos de otro orden e interdependencias entre la sociedad y el medio ambiente. Una investigación inicial en estas materias será la clave para ofrecer una mejor orientación hacia la política y la toma de decisiones corporativas.

INTRODUCCIÓN

¿Qué son las Tecnologías Ambientales?

El presente documento es una contribución al trabajo del Grupo de Alto Nivel de la Comisión Europea en tecnologías clave, centrándose en la idea de “Tecnologías Ambientales” o en líneas más generales sobre “innovaciones ambientales”¹. Tiene como objetivo realizar un esquema sobre los principales retos (¡y oportunidades!) relacionadas con el medio ambiente así como el desarrollo actual en investigación e innovación de Tecnologías Ambientales. Este esquema servirá como escenario para evaluar la posición relativa de Europa en ambos sentidos. El análisis DAFO, en conjunción con el conocimiento sobre los desarrollos en curso sobre política, ayudará a definir el programa de investigación para el futuro.

No hay una única definición que recaiga en el nombre de Tecnologías Ambientales. Lo primero de todo es que el campo de las Tecnologías Ambientales se caracteriza por un alto grado de diversidad y heterogeneidad. En general, el término se usa para incluir tecnologías y aplicaciones que se supone ayudan a reducir el impacto negativo de la actividad industrial y servicios, de usuarios privados o públicos sobre el medioambiente. El concepto normalmente se refiere a tecnologías “al final del proceso” (end-of-pipe) integradas en tecnologías limpias y para la recuperación de las áreas contaminadas. Sin embargo, también puede abarcar en un sentido más amplio cuestiones como la supervisión, medición, el cambio de productos o administración de sistemas ambientales (IPTS 2004). Las tecnologías ambientales son, por tanto, de naturaleza interdisciplinaria pudiendo ser aplicadas en cualquier fase de la cadena de producción-consumo.

En el Plan de Acción de Tecnología Ambiental de la Comisión Europea se definen las Tecnologías Ambientales como: “todas las tecnologías cuyo uso causa menos daño en el medio ambiente que las alternativas. Incluyen tecnologías para controlar la contaminación (por ejemplo: control de la contaminación atmosférica, gestión de residuos), productos y servicios menos contaminantes, (por ejemplo: pilas de combustible) y formas para gestionar de una manera eficiente los recursos (por ejemplo: abastecimiento de agua, tecnologías de ahorro energético)”.

FIGURA 1 *Tecnologías Ambientales de acuerdo con la ETAP (Plan de Acción de Tecnologías Ambientales).*

Fuente: EC (2004)

En este documento, el concepto se usa en un sentido más amplio, p.e.: comprende procesos nuevos o modificados, técnicas, prácticas, sistemas y productos cuyo uso ayudan a reducir el daño ambiental si se compara con otras alternativas pertinentes, teniendo en cuenta las diferentes fases de la cadena producción-consumo, desde la extracción de recursos al servicio final. Estas tecnologías ambientales se pueden desarrollar con o sin intención explícita de reducir el daño ambiental. En línea con esta amplia definición, las tecnologías e innovaciones ambientales no sólo comprenden **sistemas y componentes técnicos** sino también **innovaciones organizativas** y la

¹ En este documento, continuaré usando este término y su abreviatura aunque estoy de acuerdo con el autor del informe BLUEPRINT que es mejor hablar de “innovación para el ambiente”. Ver Kemp (2002).

inclusión de **innovaciones institucionales** necesarias para llevar a cabo las tecnologías ambientales. Para poder valorar qué daño podría causar una tecnología con respecto al medio ambiente, se considera también necesario incluir en este documento los desarrollos recientes en cuanto a mejorar la comprensión sobre la interacción entre los sistemas sociales y ecológicos.

Históricamente, hemos presenciado un proceso de desarrollo y difusión de las tecnologías ambientales desde tecnologías **“al final del proceso”** hasta tecnologías limpias a través de la adaptación de **tecnologías de procesos integrados** o lo que hoy se conoce como **sistemas de innovación**, p.e: nuevas configuraciones de cambios tecnológicos, organizativos e institucionales tanto a nivel individual de empresa como a nivel de sociedad en general.

En otros estudios generales del Grupo de Alto Nivel se tratarán varias de las áreas tecnológicas que puedan resultar relevantes para la definición de tecnologías ambientales. Por tanto, este estudio tratará con menor detalle los desarrollos específicos en energía, transporte, Tecnologías de la Información y Comunicación, biotecnología y (nano-) tecnologías de materiales, las cuales serán tratadas **en otros documentos**. Ni siquiera las tecnologías que se dedican a reducir el CO₂ (p. ej: almacenamiento y captación de CO₂) se tratarán de manera específica, ni tampoco las tecnologías que se necesitarían como parte de una estrategia de adaptación para el cambio climático. Se pondrá énfasis en dar una visión general de las **tendencias principales y desarrollos** y en las **barreras** tecnológicas, económicas, organizativas e institucionales que dificultan la realización de estos potenciales. Este análisis proporcionará la base para un desarrollo más avanzado y una coordinación de políticas en diferentes campos como el medio ambiente, la investigación, la industria, la empresa y una variedad de políticas sectoriales.

De hecho, la **política y en particular, la política europea ha sido uno de los principales conductores para la innovación en las Tecnologías Ambientales** en Europa durante las últimas tres décadas. Alrededor de las cuatro quintas partes de las políticas ambientales en MS tienen su origen en las normativas y directivas de la UE (RIVM 2004, p. 13). Permanecer por detrás de estas políticas ha preocupado, sobretudo, en cuestiones como la degradación del medio ambiente (p. ej: en áreas urbanas e industriales) pero también el temor de que el agotamiento de los recursos naturales pudiera mermar las bases materiales de nuestras economías en las décadas venideras (p. ej: el agotamiento de los recursos petrolíferos). Por último, la globalización en ciertos asuntos ambientales (p. ej: el cambio climático) ha contribuido más a reforzar el interés en las Tecnologías Ambientales. En otras palabras, las Tecnologías Ambientales son un área de actividad que funciona de una manera clara para la política y los intereses públicos, teniendo como objetivo aprovechar las oportunidades que ofrecen los nuevos desarrollos en ciencia e investigación.

Desde principios de los noventa, muchos temas ambientales han sido incluidos dentro del amplio marco de **debate sobre la sostenibilidad**. Mientras que el desarrollo sostenible puede continuar siendo un concepto muy útil, éste debe diferenciarse una vez que se trata con análisis más específicos. El modelo clásico de “tres pilares”, que comprende las dimensiones sociales, económicas y ambientales de sostenibilidad, se puede complementar con más aspectos como los relacionados con la forma de gobierno, temas regionales o consideraciones culturales, así como el aspecto intergeneracional, una responsabilidad a largo plazo que fue clave en anteriores definiciones de sostenibilidad y que continúan siendo tema en este debate. La dimensión ambiental todavía es un elemento central del desarrollo sostenible, tal y como se refleja en la mayoría de los documentos de política de la CE de los últimos años, incluyendo las declaraciones más recientes del Presidente Barroso que, en lugar de enfatizar la importancia del empleo y el crecimiento, insistió en la dimensión ambiental de una Europa sostenible.

En los primeros debates sobre innovaciones ambientales, las inversiones en tecnologías que dañasen menos el medio ambiente tendían a ser consideradas simplemente como un factor de coste adicional, perjudicando así la competitividad de empresas y países. El argumento en contra más destacado fue probablemente el llamado “Hipótesis de Porter” (Porter-Hypothesis). Porter y van der Linde (1995) argumentaron que una interpretación dinámica sobre la inversión en tecnologías ambientales nos lleva a la conclusión de que, por el contrario, se pueden alcanzar ventajas ya que los valores ambientales se difunden en paralelo con las tecnologías, dando así una ventaja competitiva a esas empresas que actúan como primeros promotores. También, otras representaciones europeas con éxito en muchas de las áreas de tecnologías ambientales (ej: energía eólica, catalizadores, procesos industriales, etc) han demostrado que no sólo se debería considerar como un remedio para corregir los daños y resolver problemas, sino como una oportunidad económica crucial que ofrece a las empresas europeas la posibilidad de alcanzar una posición a la cabeza de los mercados globales en los que los factores ambientales han empezado a jugar un importantísimo papel.

En este documento se echará un vistazo a los principales retos que supuestamente las Tecnologías Ambientales desarrollarán, al menos respuestas parciales y políticas que hasta ahora se habían dado. Se valorará la capacidad en cuanto a retos socioeconómicos para Europa, así como lo apropiado de las respuestas políticas dadas en Europa para hacer frente a estos retos.

Posteriormente, el documento echará un vistazo **a los desarrollos actuales en Tecnologías Ambientales e Investigación**. En lugar de una sección aparte sobre la posición de la UE con respecto a Tecnologías Ambientales e Investigación en términos generales, se añadirá un subapartado específico para cada investigación y área de tecnología, tratando la cuestión sobre la actuación europea en cada una de ellas. Este enfoque parece más apropiado en vista de la heterogeneidad de las Tecnologías Ambientales.

Como paso siguiente, se discutirá sobre las **principales condiciones** para la realización y difusión de las Tecnologías Ambientales. Este capítulo aborda, por una parte las barreras y conductores de la innovación ambiental y por otra, el papel de la política.

Por último, se hará una valoración sobre los desarrollos que hay en curso en términos de **fortalezas y debilidades de Europa** en Tecnologías Ambientales e Investigación así como las **oportunidades y amenazas** que pueden resultar de cambios en el contexto tecnológico, socioeconómico y político. Este análisis DAFO (en inglés SWOT) permite así mirar en el plano científico-tecnológico del tema y en los aspectos políticos e institucionales que guían los procesos de innovación y difusión.

Finalmente, se ofrece una visión sobre las **perspectivas y programas de investigación** para las Tecnologías e Innovaciones Ambientales en Europa. Con tres esquemas básicos se abarcarán posibles desarrollos más amplios. Un programa con dos líneas de investigación permitirá enfrentarnos a las perspectivas de estos diferentes esquemas de una manera apropiada.

CAPÍTULO 1

Los retos socioeconómicos para Europa

Se espera que las Tecnologías Ambientales proporcionen al menos una respuesta parcial a algunos de los principales retos a los que Europa está haciendo frente y en los que la política, tanto europea como nacional, necesita todavía reaccionar. No cabe duda que ha habido un progreso significativo durante las últimas tres décadas en reducir el impacto ambiental de la actividad económica humana (ver figura 1). Sin embargo, mucha parte de esta mejora ha sido contrarrestada por el crecimiento en la demanda, de por ejemplo el transporte o el crecimiento de otras economías florecientes en el mundo, en particular, la china.

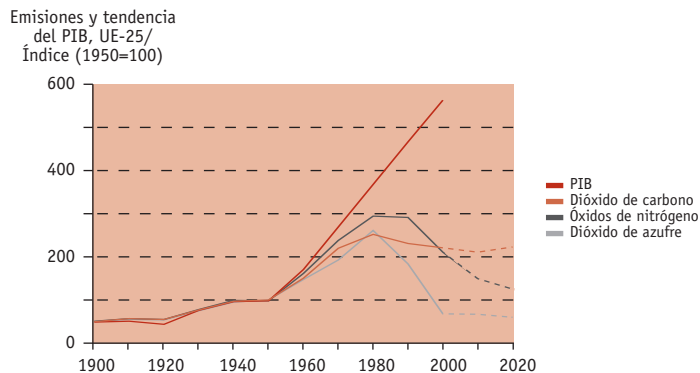


FIGURA 1 *Crecimiento económico expresado como PIB y la presión de las emisiones de los 25 en el medio ambiente.*

Fuente: RIVM (2004), pag. 12.

1.1 Retos sociales relacionados con el medio ambiente

Europa se enfrenta a varios problemas ambientales graves, sin embargo, sin negar la importancia de los estrictos retos que éstos representan, todos ellos tienden a acarrear también consecuencias socioeconómicas graves que no siempre están presentes en los debates públicos y políticos. Por consiguiente, se han subrayado cuatro retos principales que necesitan ser abordados en las próximas dos décadas y que se supone que las Tecnologías Ambientales van a mitigar:

- El cambio global
- El agotamiento de los recursos
- Vivir en un ambiente sano
- Mejorar la competitividad y el crecimiento

Se espera que las Tecnologías Ambientales contribuyan a resolver estos desafíos y transformarlos en oportunidades. En muchos casos esto requerirá una valoración equilibrada de estas tecnologías para evitar que algunos de estos retos se cumplan, mientras que otros empeoran.

1.1.1 Cambio global

En la actualidad se sabe que el CO₂ y otras emisiones producidas por el hombre tienen un impacto grave en el clima global. El cambio climático provocará consecuencias de gran efecto en las condiciones de vida socioeconómicas de muchas partes del mundo. Por tanto, el foco de atención se ha ampliado para abarcar la noción del cambio global cubriendo así tanto las **consecuencias climáticas y ecológicas como las socioeconómicas**. Dichas consecuencias podrían ser tan graves como el aumento del nivel del mar y la pérdida del suelo, el aumento de los desastres naturales, la expansión de desiertos en ciertas regiones del mundo y también, una transformación de zonas agrícolas a áreas que ya no puedan ser tan explotadas. La migración e importantes costes socioeconómicos podrían ser las consecuencias de estos cambios.

Para poder hacer frente a las consecuencias del cambio global se pueden aplicar dos estrategias básicas. La primera de todas, la reducción de emisiones de CO₂ y otras sustancias. Estas estrategias de **reducción** son el elemento central del protocolo de Kyoto y otras estrategias nacionales e internacionales. Por una parte, reduciendo las emisiones de origen industrial, doméstico, transporte, del suministro energético, se puede reducir el aumento de CO₂ en la atmósfera. Las medidas para conseguir esto serán de naturaleza tecnológica combinadas con cambios en el comportamiento del

usuario. Estos desarrollos pueden ser inducidos a través de normativa (p. ej: fijando las emisiones), de investigación y política tecnológica (p. ej: incentivos para I+D) o instrumentos basados en el mercado (p. ej: negociar con las emisiones). Por otra parte, el balance de CO₂ neto se puede mantener estable aumentando la absorción de CO₂ en la atmósfera, por ejemplo por medio de la reforestación o el almacenamiento y captación del CO₂. Puesto que el cambio climático es un fenómeno a largo plazo, las medidas que se tomen ahora tendrán su efecto en unas décadas, siendo necesarias las propuestas a largo plazo sobre la política del cambio climático.

La segunda estrategia básica apuntaría a la **corrección y adaptación** de las consecuencias del cambio global. Si la característica del cambio global a largo plazo implica que cualquier esfuerzo para reducir las emisiones de CO₂ y la absorción del mismo tendrá efectos dentro de unas décadas, será inevitable un mayor aumento en los niveles de la temperatura global y se requerirán medidas para hacer frente a estas consecuencias, hasta que alcancemos una fase de estabilidad probablemente con una temperatura media mayor. Como ejemplo, las áreas amenazadas se podrían proteger construyendo diques más altos o también usando cultivos que fuesen más resistentes a temperaturas medias altas.

Aunque con el protocolo de Kyoto, y en particular las medidas tomadas por la UE, el aumento de las emisiones de CO₂ podría reducirse, aunque no hasta el nivel previsto, es poco probable que se cumplan los objetivos para el 2010 ni siquiera por parte de la UE. En general, la situación global no es muy prometedora. Se necesitarán importantes esfuerzos en la economía de oferta y demanda para hacer frente al cambio global. Serán necesarias estrategias colectivas coordinadas en diversos niveles de gobierno para alcanzar cambios de sistema que sean compatibles con el reto del cambio global.

1.1.2 El agotamiento de recursos

El agotamiento de los recursos naturales ha sido uno de los temas políticos más importantes, al menos, desde la primera crisis del petróleo cuando el impacto de una repentina escasez de crudo disponible para el funcionamiento de nuestras sociedades industriales se convirtió en algo visible. Sin embargo, los **hidrocarburos** son el ejemplo más visible de que este recurso natural inevitablemente se agotará en un futuro inmediato, sobre todo si los niveles de consumo actuales continúan así. La creciente escasez también ha tenido un impacto directo en el coste de los hidrocarburos y por tanto en el atractivo de buscar otras alternativas.

No obstante, hay otros casos de agotamiento de recursos naturales que han llamado más la atención en los últimos años. Ciertos **metales** preciosos y semipreciosos (ej: Pt, Ir, Cu) han sido muy demandados en los mercados globales (ej: en la industria

semiconductora) lo que ha provocado una subida de precios. El próspero mercado chino ha encabezado una demanda creciente de acero y carbón y el crecimiento de esa demanda no parece que vaya a disminuir en las próximas dos décadas. Las implicaciones en las economías europeas son obvias y ya han conducido a una subida brusca de los precios².

Además, la presión sobre los hábitats ecológicos ya ha llevado a muchas especies de animales y plantas a su extinción, recursos que, aparte de su valor intrínseco, podrían tener también significado económico (p. ej: para las industrias farmacéuticas y del cuidado corporal). Esta pérdida de **biodiversidad** se corresponde con un agotamiento cualitativo de los recursos naturales.

Para finalizar, asegurar las reservas de alimentos para una población mundial en crecimiento se ha convertido en algo cada vez más difícil. Mientras que esto supone el primer y más importante tema de responsabilidad global, a Europa también le afecta de manera directa la creciente presión sobre los recursos naturales básicos para la producción de alimentos. Las condiciones precarias en la economía de muchos países africanos son la raíz de la sobreexplotación y erosión de la tierra, pero ésta también acarrea movimientos migratorios, malnutrición y conflictos militares locales relacionados con el acceso a los recursos naturales. La sobreexplotación ha reducido de manera significativa las reservas de pesca en zonas marítimas europeas y de varias no europeas, llamando a la reflexión sobre la sostenibilidad de las reservas de pesca en las partes más pobladas del mundo y también, planteando graves problemas de sobrecapacidad en la industria pesquera europea.

Estas presiones en la base de nuestros recursos naturales además **umentan con el número actual de desarrollos socioeconómicos**, en Europa y de manera global (DEFRA 2004):

- Aumentando la riqueza y el crecimiento el PIB per cápita se provoca un aumento del uso por parte del consumidor de productos y energía tal, que el beneficio obtenido de las mejoras técnicas ecoeficientes queda compensado;
- El aumento de las expectativas, por parte de los consumidores, en relación a la libertad de escoger (incluyendo la libertad de tener niveles mayores de consumo personal);
- El crecimiento de desigualdad en niveles de consumo entre países ricos y pobres y dentro de los países en vías de desarrollo;
- El aumento de la movilidad y el comercio de bienes
- Los avances tecnológicos (p. ej: el desarrollo de nuevos productos que consumen energía de otra manera, el impacto de las TIC en el uso de recursos);
- La presión del crecimiento de la población en algunas partes del mundo.

² Por ejemplo, el 31 de marzo, el productor de acero alemán Krupp anunció que el precio que habrá que pagar por el hierro según lo acordado en un nuevo contrato a largo plazo será aproximadamente un 70% más que en el pasado. Ver: <http://www.welt.de/data/2005/04/02/620484.html>

- La sobreexplotación de algunos recursos naturales, el cambio climático y los riesgos de sobrepasan los límites ambientales;
- El crecimiento en la producción de residuos a nivel municipal como un problema de grandes áreas urbanas y megaciudades...

Por lo general, el nivel de consumo de recursos tal y como se lleva a cabo actualmente en la mayoría de los países industrializados no es sostenible, y esta situación también empeorará con la convergencia en los niveles de recursos también en los países menos desarrollados. Lo que se necesita es una **escisión** del crecimiento económico del consumo de recursos; algo fundamental que requeriría un cambio significativo en el metabolismo socio-ecológico. No obstante, tal y como discute Huber (2004), el objetivo sería una **consistencia metabólica** (p. ej: una integración de transformaciones industriales en procesos ecológicos de transformación) mejor que una simple llamada a la reducción en el uso intensivo de recursos en un factor de cuatro a diez. Los enfoques de eficiencia convencional (ej: ecoeficiencia) apelan por una reducción en la intensidad del uso de recursos en las cadenas de producción de consumo. Se debería establecer dicha reducción dentro de este marco más amplio de consistencia metabólica, la cual permite un alto grado de intensidad en el uso de recursos en tanto en cuanto éstos se encuentren integrados dentro del metabolismo ecológico. Aunque este argumento sea bastante sencillo, el principal reto consiste en elaborar maneras de convertirlo en marcas positivas para los mercados actuales, en regulaciones adecuadas y prácticas generalizadas de consumo de recursos pero también en estrategias de investigación a largo plazo. Más concretamente, se necesitarían cambios en los sistemas completos de producción-consumo, desde la extracción de recursos, al consumo final de bienes y servicios y las posibilidades de establecer secuencias cerradas de materiales (p. ej: a través del reciclaje y la gestión de residuos).

1.1.3 Vivir en un ambiente sano

Según muestra el informe de la AEMA, 6.000 muertes al año y un 25-33% de las enfermedades en la Europa industrializada están causadas por la exposición a largo plazo de la contaminación atmosférica. Aunque ha habido un progreso significativo en términos de reducir ciertas emisiones en Europa (SO_x, NO_x, partículas, etc.), la situación actual todavía dista de ser la adecuada. También el tratamiento y gestión de residuos sólidos, agua residual y las emisiones gaseosas juegan un papel crucial con respecto a la calidad del medio ambiente en el que vivimos. Existe un legado importante del pasado con el que los 15 países de la UE y los nuevos estados miembros deberían responsabilizarse, así como del gran número de polígonos industriales antiguos y de vertederos.

Además, los problemas ambientales están presionando de manera particular a las áreas urbanas, aparte de la contaminación ambiental, la congestión del tráfico y la sobrecarga de los sistemas de transporte. También la gestión de residuos representa un problema

importante dentro de estas áreas. La vivienda y la construcción son un tema ambiental de importancia en áreas urbanas, haciendo que todo esto junto cuestione la sostenibilidad de las ciudades más importantes de Europa y sus sistemas de infraestructura.

Mientras que la provisión de la cadena alimenticia está parcialmente asociada al tema de la escasez de recursos, éste también representa un área de interés con respecto a una vida sana. Además, hay que tener en cuenta: el uso extensivo de fertilizantes, la falta de una base natural de recursos para satisfacer la demanda de alimentos en la calidad y cantidad necesaria para alimentar a una población mundial en crecimiento (ver más arriba), el uso potencial de cultivos modificados genéticamente, etc.³

En un sentido más amplio, “vivir en un ambiente sano” también se relaciona con temas sobre el cuidado de la salud⁴, la nutrición, el envejecimiento y el control de la cadena alimenticia completa. Es obvio que la noción de un ambiente sano rebase muchas áreas políticas establecidas, abarcando desde el desarrollo agrícola y regional a la salud, el medio ambiente, la protección del consumidor, el transporte y la IDT (Política de Innovación y Desarrollo Tecnológico).

1.1.4 Mejorar la competitividad y el desarrollo

Además de lo mencionado sobre retos ambientales y socioeconómicos, el debate sobre las Tecnologías Ambientales se debe ver en el contexto de las perspectivas ***económicas actuales para Europa***. Tal y como viene especificado en los programas de Lisboa y Gothenburg, la necesidad de hacer frente a los retos ambientales debe dirigirse de una manera que ayude a asegurar y mejorar la actuación económica europea frente a sus competidores mundiales. Cualquier solución potencial incluidas las Tecnologías Ambientales necesitan por tanto estar supervisadas después de considerar sus impactos en la competitividad y el crecimiento.

Desarrollar y aplicar Tecnologías Ambientales que ***ayuden a reducir el daño ambiental y a mejorar la competitividad y crecimiento de empresas*** europeas representa, de esta manera, un tema clave para el futuro. Esto requerirá abandonar lo que a menudo se dice de manera errónea como “compensación” entre el medio ambiente y la economía y ***buscar soluciones inteligentes para introducir Tecnologías Ambientales mientras se evitan costes adicionales***. Según la teoría y en vista de las experiencias con éxito, es posible superar esta compensación aunque en muchas ocasiones esto implica cambios amplios en marcos organizativos e institucionales de empresas, sectores y sistemas de producción y consumo. Mientras que las empresas individuales tienen que ser capaces de recoger los beneficios de las Tecnologías Ambientales en sus hojas de balance, al menos,

³ Para ver más detalles ver el informe del Grupo de Alto Nivel sobre industrias agroalimentarias, economías rurales y biotecnología.

⁴ Para ver más detalles ver el informe del Grupo de Alto Nivel sobre el futuro del cuidado de la salud.

a medio plazo, la introducción de nuevos sistemas de producción y consumo (p. ej: de combustibles fósiles a renovables) tienen implicaciones de gran alcance que requieren la cooperación de muchos actores en la cadena de producción, para implementar y hacer que el proceso de transición a largo plazo sea sostenible ambiental y económicamente. Además, se pueden obtener importantes beneficios económicos desarrollando las más avanzadas Tecnologías Ambientales para el mercado doméstico y mundial.

CAPÍTULO 2

Respuestas políticas en Europa-Desarrollos recientes

La UE se considera normalmente una región mundial activa a la hora de tener en cuenta temas ambientales dentro de su política. Esta situación se remonta a los años setenta cuando los movimientos ambientales empezaron a jugar un papel significativo en el panorama político de varios estados miembros, a pesar de que también existen desarrollos precursores que se remontan al siglo XIX y que ayudarían a explicar la gran importancia que los ciudadanos europeos le dan al medio ambiente. En Japón, la densidad de población relativamente alta contribuye también a elevar la concienciación sobre los daños ambientales.

La comparación con EEUU y Japón en términos de políticas que apoyen a las Tecnologías Ambientales es bastante favorable, especialmente desde que los EEUU han adoptado una actitud crítica en el debate sobre el cambio climático. En términos de consumo de recursos per cápita los EEUU van todavía muy por delante de Europa y Japón. Japón también ha puesto en práctica muchas medidas políticas que llevan a aliviar la presión ambiental, y les ha supuesto una motivación por la necesidad de producir bienes y servicios de una manera imaginativa y eficiente debido a la falta de recursos naturales autóctonos.

Algunos Estados miembros de la UE han seguido programas muy activos de política ambiental en las últimas dos décadas, y la UE se ha comportado de una manera activa en promocionar temas ambientales también en otros Estados miembros menos activos. La UE ha contribuido de la misma manera a la sostenibilidad principal de los programas a nivel mundial, desde Río a Johannesburgo. Así, el compromiso con el protocolo de Kyoto de 1997 fue confirmado por el Consejo de Europa en diciembre de 2001, aunque parece poco probable que se alcancen los objetivos. Incluso en vista de los principales intereses de la UE con respecto al crecimiento y el empleo, los retos ambientales a largo plazo todavía permanecen en una posición alta en los programas políticos.⁵

El clima político general en Europa es por tanto receptivo a considerar los intereses ambientales y de sostenibilidad. Esto ha sido traducido en varias iniciativas políticas a nivel europeo y de estado miembro, que posteriormente será examinado con un enfoque en política ambiental y de investigación y desarrollo tecnológico.

2.1 Desarrollos recientes en la política ambiental

2.1.1 A nivel europeo

El medio ambiente y la evaluación ambiental se han convertido en temas transversales que deben tenerse en cuenta en todos los ámbitos políticos europeos. Lo primero de todo es que esto se refleja en el proceso de Cardiff que pretende integrar temas ambientales en todas las políticas sectoriales. Sin embargo, tal y como admite la Comisión, el progreso en el proceso de Cardiff ha sido hasta ahora escaso⁶. Segundo, el procedimiento sobre la evaluación de impacto lanzado en mayo de 2002 apunta a mejorar la calidad y coherencia de las políticas de la UE con respecto a los impactos ambientales, sociales y económicos. La evaluación de impacto apunta a evaluar sistemáticamente las posibles consecuencias de las intervenciones de las autoridades públicas. Hasta el momento, la CE⁷ ha redactado más de 50 evaluaciones de impacto.

La cumbre de Gothenburgo de 2001 confirmó y fortaleció la dimensión de sostenibilidad de la estrategia de Lisboa, y a menudo se considera como un complemento al Programa Comunitario de Lisboa por especificar su dimensión ambiental. En principio, la tendencia presentada en Gothenburgo ha sido recientemente confirmada por el Presidente Barroso en el relanzamiento del debate de Lisboa.

El sexto Programa de Acción Ambiental en el 2002: “Medio ambiente 2010: el futuro está en nuestras manos” está basado en un enfoque bastante amplio que tiene como objetivo cuatro intereses ambientales importantes (EC 2002):

- El cambio climático
- La naturaleza y biodiversidad
- El medio ambiente, la salud y calidad de vida
- Los recursos naturales y residuos

Para tratar los retos en estas cuatro áreas hay siete estrategias específicas (protección del suelo, protección y conservación del medioambiente marino, uso sostenible de pesticidas, contaminación ambiental, medioambiente urbano, uso sostenible y gestión de recursos, reciclaje de residuos) que se combinan con esfuerzos para asegurar un

⁶ Ver el análisis del 2005 sobre la estrategia de desarrollo sostenible de la CE (2005 Review of the Sustainable Development Strategy of the EC-EC 2005, pag.11)

⁷ Ver el análisis del 2005 sobre la estrategia de desarrollo sostenible de la CE (2005 Review of the Sustainable Development Strategy of the EC-EC 2005, pag.11)

diseño efectivo y la puesta en práctica de iniciativas políticas (una puesta en marcha efectiva, integración de intereses ambientales en otras políticas, uso de la variedad de instrumentos más apropiados, la implicación de actores y accionistas).

En otras áreas que no son la ambiental, se han tomado iniciativas políticas que tienen una orientación ambiental y por tanto reflejan los intentos de acoplar esta dimensión en todas las políticas. Por ejemplo, el Plan de Acción Europeo sobre Medio ambiente y Salud de junio de 2004 (European Environmental and Health Strategy and Action Plan) enlaza la investigación ambiental y de la salud haciendo un llamamiento a la investigación para facilitar un conocimiento que ayude a fijar objetivos, ponerlos en marcha y llevar a cabo la creación de políticas a nivel de UE y nacional (EC 2004b).

Se han tomado otras iniciativas clave en el campo de la política industrial y empresarial. Proyectos voluntarios como el Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Ambientales (EMAS) (tiene como objetivo promover sistemas de gestión ambiental en empresas) o la todavía puesta en marcha de una nueva regulación para la industria química en Europa REACH se pueden mencionar como ejemplos.

Al igual que REACH, la propuesta de una Política de Producto Integrado (PPI) se encuentra todavía bajo negociación. El Documento Verde (The Green Paper) del 2001 sobre la PPI y la comunicación correspondiente del 2003 representan un cambio importante en la política ambiental, trasladando la atención de puntos principales (p. ej: la producción de plantas, incineración de plantas) al desarrollo de productos y los principios que deberían guiar el proceso de desarrollo para minimizar el impacto ambiental sobre el ciclo vital (EC 2001, 2003). Sin embargo, todavía se espera la puesta en práctica de la PPI en la política nacional y empresarial.

Probablemente la iniciativa más significativa con respecto a las Tecnologías Ambientales ha sido el lanzamiento del Plan de Acción de Tecnologías Ambientales ETAP en el 2004 (EC 2004). Este plan apuesta por aspectos específicos relacionados con la tecnología bajo el propósito de pasar de la investigación a los mercados, pero también apuesta por un número de temas de política ambiental que deben ser tratados (Ver el cuadro 2).

De la investigación a los mercados

- Aumentar y enfocar la investigación en las Tecnologías Medioambientales y especialmente la demostración y difusión de los resultados.
- Establecer plataformas de tecnología para coordinar una investigación más efectiva entre los miembros y obtener una visión común.
- Establecer redes en los centros de ensayo para las Tecnologías Medioambientales y así crear confianza entre consumidores e industria.

Mejorar las condiciones del mercado

- Objetivos de actuación.
- Influencia de instrumentos financieros para compartir los riesgos de inversión en las Tecnologías Medioambientales.
- Crear incentivos y eliminar barreras económicas.
- Adquisición pública.
- Crear apoyo en favor de las Tecnologías Medioambientales en la sociedad civil - concienciación, formación y educación en empresas y consumidores.

CUADRO 2 *Elementos principales del Plan de Acción de Tecnologías Medioambientales*

2.1.2 A nivel de los Estados miembros

La mayoría de los Estados miembros de la UE han establecido en los últimos años unas Estrategias Nacionales de Desarrollo Sostenible. Un primer análisis sobre estas estrategias se ha llevado a cabo a través de la Comisión Europea en el 2004 (EC 2004c). La efectividad e implantación de estas estrategias nacionales con respecto a la toma de decisiones en otros campos políticos y sectores privados depende del enfoque organizativo elegido, por ejemplo, en lo que se refiere al balance dirigido por el gobierno y enfoques más abiertos en el tipo de negociaciones. Además, mientras que algunos países han recurrido principalmente a definir una estrategia para diseñar un marco, otros han desarrollado programas de acción específicos y objetivos. Para finalizar, el peso relativo de las distintas dimensiones de la sostenibilidad difiere en todos los países. La mayoría de los países tienden a apoyar el sistema clásico de tres dimensiones de desarrollo sostenido pero algunos de ellos, (Italia, Hungría) se limitan a las consideraciones ambientales. Sin embargo otros países extienden la variedad a temas culturales, regionales y de gobierno (p. ej: Francia).

No obstante, tal y como confirma un estudio reciente de la OCDE en coordinación de política y en relación con la innovación de la misma⁸, la integración de un desarrollo sostenible y en particular de temas ambientales en otras políticas como por ejemplo la

⁸ Ver el proyecto NIS MONIT dentro del marco de la OCDE TIP en el que se analizan temas de coordinación entre política de innovación y política de Investigación y Desarrollo Tecnológico al igual que también son analizadas las políticas sectoriales, ver Remoe (2005).

ciencia, la tecnología y la innovación, todavía sigue siendo una tarea complicada. Para poder superar las barreras institucionales y organizativas pero también las diferencias fundamentales en términos de objetivos principales aplicados a diferentes áreas políticas y a diferentes niveles políticos se requiere hacer esfuerzos de coordinación importantes. No obstante, una coordinación e integración horizontal excesiva entraña el riesgo de conducir el proceso político a una parálisis. Los Estados miembros han recurrido a enfoques muy diferentes para asegurar que el desarrollo sostenible esté integrado en todas las áreas de la planificación y toma de decisiones.

Los enfoques más avanzados a nivel de Estados miembros intentan integrar las estrategias políticas en apoyo de las Tecnologías Ambientales dentro de unas estrategias más amplias y a largo plazo para conseguir un desarrollo sostenible. Destacan por ejemplo las iniciativas holandesas bajo el título de Gestión de Transición (ver cuadro 3) aunque otros países (Dinamarca, Austria) también han empezado a emplear estrategias similares.

La gestión de transición es un enfoque político que apunta a desarrollar y poner en práctica estrategias a largo plazo hacia un desarrollo sostenible de áreas clave problemáticas de la sociedad holandesa. Los programas de investigación estratégica se desarrollan como parte de un proceso consultivo con el objetivo de desarrollar unas visiones a largo plazo (30-50 años) para estas áreas problemáticas (por ejemplo: gestión del agua, movilidad, suministro de energía, etc.). Paralelamente se están poniendo en marcha acciones experimentales concretas, y se han creado redes de apoyo para asegurar un aprendizaje continuo y un proceso de ajuste entre el nivel estratégico y el operativo.

CUADRO 3 *Gestión de transición en los Países Bajos*

El método de coordinación abierto OMC apunta a aumentar el aprendizaje mutuo entre los Estados miembros sobre las buenas prácticas en política ambiental al igual que a contribuir a una mayor coherencia entre ellos.

2.2 Desarrollos recientes en política de IDT

2.2.1 A nivel europeo

Los programas marco, la principal iniciativa de investigación a nivel europeo, han tenido desde hace tiempo un área de prioridad dedicada al tema ambiental y a la investigación de Técnicas Ambientales. El 6º Programa Marco ha establecido aparte 2.329 M € para Prioridad 6: “Desarrollo Sostenible, Cambio Global y Ecosistemas, cubriendo sistemas de energía sostenibles (890 M €), transporte de superficie sostenible (670 M €) y el cambio global y ecosistemas (769 M €)”. Esta prioridad va dirigida a la investigación tecnológica al igual que a la ambiental⁹. No obstante, en otras áreas prioritarias también se apoyan la investigación sobre tecnologías y temas ambientales, especialmente en Prioridad 3 “Nanotecnologías y nanociencias, conocimiento basado en materiales multifuncionales y nuevos procesos de producción y dispositivos” un gasto total de 1.460 M €. También se están financiando temas relacionados con el ciclo vital de sistemas industriales, productos y servicios, temas relacionados con procesos ecoeficientes, reducción de CO₂ y reducción de gases de efecto invernadero. También en otras áreas del 6º Programa Marco, se tratan las Tecnologías Ambientales y temas relacionados con la sostenibilidad. Además, en los proyectos EUREKA se han dirigido en los últimos años varios proyectos ambientalmente importantes y temas tecnológicos.

En lo que se refiere al futuro, la reciente propuesta presentada para el 7º Programa Marco asigna un papel importante a las áreas tecnológicas que tienen relevancia para el desarrollo de las Tecnologías Ambientales. Aunque el debate sobre la orientación futura del programa marco está estrechamente relacionado, también es necesario mencionar las llamadas Plataformas Tecnológicas a nivel europeo. Aunque no forma parte del 6º Programa Marco, estas plataformas conducidas por la industria tienden a ser apoyadas por la CE como foros de intercambios de factores clave en la aplicación e investigación orientada, con el propósito de definir los programas y estrategias de investigación conjunta para Europa. En algunos casos, estas plataformas tecnológicas también funcionan como grupos de consejo para ciertas áreas relevantes de investigación y tecnología al programa marco (p. ej: aeronáutica, investigación ferroviaria, etc). Varias plataformas tecnológicas tienen también una fuerte importancia para las tecnologías ambientales y la investigación, sin embargo, como la mayoría de estas plataformas sólo se han establecido en el transcurso del 2004, su impacto en dirigir la investigación futura todavía está por verse (EC 2004d).

⁹ La investigación medioambiental financiada por la UE cubre principalmente los temas siguientes: las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero y los cambios climáticos, el ciclo del agua y los aspectos relacionados con el suelo, la comprensión sobre la biodiversidad marina y terrestre, los mecanismos de desertificación y desastres naturales, las estrategias para una gestión sostenible del suelo, la previsión sistemática y operativa y la formación del cambio climático, temas transversales tales como herramientas y conceptos. Para más información ver la página de la Comisión sobre investigación medioambiental: http://europa.eu.int/research/environment/policy/article_1435_en.htm

Como parte del Plan de Acción de Tecnologías Ambientales (ETAP), se decidieron en enero de 2004 once acciones prioritarias a nivel de la UE que han sido identificadas (ver Cuadro 2 arriba). Tres de ellas se centran en los requisitos futuros de la investigación con el fin de poder pasar de la investigación al mercado:

- Aumentar y enfocar la investigación en las Tecnologías Ambientales y especialmente la demostración de las tecnologías y la difusión de los resultados.
- Establecer plataformas tecnológicas para coordinar una investigación más efectiva entre los miembros y dar una visión común. A finales del 2004 cuatro plataformas de ETAP relacionadas con la tecnología ya estaban en funcionamiento: hidrógeno y pilas de combustible, fotovoltaico, agua y acero.
- Establecer redes en los centros de ensayo para las Tecnologías Ambientales y hacer crecer la confianza entre los consumidores y la industria.

Para poder aumentar la adopción y difusión de las mejores prácticas en las Tecnologías Ambientales, la Oficina Europea para la Prevención y el Control de la Contaminación (European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau) se estableció en Sevilla. Esta oficina prepara en procesos consultivos los llamados documentos BREF (Best Available Technology Referente Documents) para una amplia variedad de sectores industriales pero definiendo el funcionamiento ambiental estándar que las tecnologías sectoriales deberían reunir.

2.2.2 A nivel de los Estados miembros

Hemos podido presenciar en las últimas dos décadas un largo número de programas de investigación que han sido puestos en marcha por los Estados miembros de la UE. En general, debemos distinguir tres tipos diferentes de programas (Whitelegg/Weber 2002). Lo primero de todo, los Programas de Tecnologías Ambientales apuntan de una manera específica al desarrollo y la introducción de Tecnologías Ambientales en unos dominios temáticos seleccionados o sectoriales. Estos programas tienden a basarse en enfoques convencionales orientados en lo tecnológico donde la atención específica se centra en asuntos ambientales o de sostenibilidad. Este es el caso particular de campos como el de la energía, el transporte, la producción, etc. Segundo, hay programas dirigidos a la sostenibilidad-programas ambientales centrados de una manera más exhaustiva en la innovación. Estos últimos programas siguen, en su mayoría, enfoques claramente interdisciplinarios y transdisciplinarios. Por último se pueden identificar programas “paraguas” que van dirigidos a facilitar la investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria bajo el marco de algunos principios de programas guía que son compatibles con asuntos de sostenibilidad y ambientales. El balance entre estos diferentes tipos de programas de investigación reflejan la estrategia de experimentación del país para el desarrollo sostenible y/o el ambiental (ver tabla 1).

Después de más de diez años de experiencia consolidada con programas de investigación sobre la sostenibilidad, se puede observar un número de tendencias para el diseño de estos programas (“buenas prácticas”), aunque todavía quedan diferencias significativas en países:

Orientación para apuntar hacia retos clave ambientales y de sostenibilidad, a menudo respaldados por visiones que sirven para la guía y estrategias de transición a largo plazo¹⁰.

La transición de programas específicos de tecnologías ambientales a programas más orientados a las dificultades y temáticos (p. ej: programas de movilidad sostenible más que de tecnología sobre el transporte).

La integración de aspectos ambientales en todos los programas sectoriales (p. ej: los criterios de innovación tecnológica se complementan con criterios sobre el impacto ambiental)

La transformación de programas de investigación ambiental convencional en programas de investigación más amplios orientados a la sostenibilidad como el alemán FONA (ver cuadro 4).

Crecimiento en importancia de la interdisciplinariedad y transdisciplinariedad como criterios clave para la selección de proyectos.

<i>País</i>	<i>Estrategias del programa</i>	<i>Presupuesto anual aproximado</i>
Austria	Programas separados sobre tecnologías para la sostenibilidad (Nachhaltig Wirtschaften), investigación sobre la sostenibilidad (Abastecimiento) e investigación sostenible del paisaje (Pfeil 05) unido bajo un marco común amplio (FORNE).	~ 30-40 M €
Bélgica	Programas “paraguas” definidos de una manera deductiva y que apuntan a apoyar una política a través de ayuda científica.	~ 60-80 M €
Alemania	Programas innovadores y altamente estructurados con objetivos concretos para poner en marcha el SD (p. ej: programa de investigación socioecológica) complementada en el 2004 con un nuevo programa marco sobre la Investigación para la Sostenibilidad (FONA).	~ 200-250 M €
Países Bajos	Programas altamente estructurados, diseñados de manera deductiva que se centran principalmente en la renovación del sistema a través de soluciones tecnológicas (p. ej: Tecnología en Ingeniería Electrónica-en inglés: EET), más recientemente complementado por programas de transición más participativos en diferentes áreas clave para el desarrollo sostenible.	~ 50-60 M €

¹⁰ Ver, por ejemplo, el Factor 4 o Factor 10, visiones de algunos de los programas holandeses que se usaron como punto de partida para procesos retrospectivos que van dirigidos a la identificación de prioridades en la investigación.

<i>País</i>	<i>Estrategias del programa</i>	<i>Presupuesto anual aproximado</i>
Portugal	Pocos programas con iniciativas, pero interesantes e innovadores proyectos de investigación financiados con diversas fuentes (financiación en investigación y fondos estructurales).	No disponible
Suecia	Programas enfocados al desarrollo sostenible, que se desarrollan a través de tres entidades diferentes de financiación cada una responsable de diferentes áreas clave.	60-80 M €
Reino Unido	Programas enfocados al desarrollo sostenible, desarrollados a través de una variedad de diferentes entidades, coordinadas ampliamente por el SDRI (Iniciativa de Investigación y Desarrollo Sostenible).	150-180 M €
UE	Un área de prioridad importante que trata con el Desarrollo Sostenible, el Cambio Global y los Ecosistemas.	~ 500-600 M €

TABLA 1 *Panorama sobre las estrategias y presupuestos para los programas de investigación que tienen como objetivo el desarrollo sostenible en países elegidos de la UE.*

Fuente: Whitelegg/Weber (2002) y estimaciones propias.

Hay una gran diversidad en términos de diseño entre los programas de investigación nacional para la sostenibilidad. Esta diversidad se debe en gran parte a la inmersión inevitable de estos programas en el contexto de la investigación nacional y los sistemas de innovación. Por ejemplo, la investigación para la sostenibilidad y el medioambiente a menudo se esconden en líneas de acción de programas clásicos de investigación sectorial. Esto hace difícil, por no decir imposible, el evaluar la parte de la financiación que va para la investigación de la sostenibilidad. También la importancia de la financiación de programas basados en la investigación que comparados con la financiación institucional difiere enormemente entre los Estados miembros¹¹. Esta puede que sea una de las razones por las que un largo número de ERA Nets ha establecido un nuevo mecanismo de coordinación entre programas nacionales de investigación. En la tabla 2 se presenta una visión general de las ERA-Nets en el campo de la investigación de las Tecnologías Ambientales.

Los datos acerca de los gastos públicos en investigación tecnológica son extremadamente difíciles de desenmarañar. Mientras que los presupuestos dedicados a programas que tienen como objetivo la investigación ambiental y tecnológica a nivel europeo y nacional son en principio los menos accesibles y comparables (Ver la Tabla 1). Los datos sobre la contribución sectorial y los programas institucionales apenas pueden

¹¹ Ver, por ejemplo, la situación de Alemania en donde el nuevo programa nacional de investigación de la sostenibilidad (FONA) ha sido asignado un presupuesto total de aproximadamente 800 M € para cinco años. A la vez, la Helmholtz-Society, que dirigen un campo de investigación "Tierra y Medio Ambiente", fueron asignados aproximadamente 300 M €.

ser evaluados y su importancia relativa difiere de un país a otro. Sin embargo, los datos al menos muestran que la financiación juega un papel importante en los programas basados en la financiación para la investigación sobre la sostenibilidad.

FONA (Forschung für nachhaltige Entwicklung) es el programa marco más reciente sobre investigación para la sostenibilidad en Alemania. Adopta un enfoque exhaustivo en investigar soluciones en vez de problemas de sostenibilidad. Por tanto, se han definido cuatro campos de acción para financiar la investigación: conceptos para la sostenibilidad en la industria y los negocios, conceptos de empleo sostenible para regiones, conceptos para un uso sostenible de recursos naturales y acción social adaptada a la sostenibilidad. Las Tecnologías Medioambientales van dirigidas a los cuatro campos de acción pero tomando los conceptos para abordar temas de sostenibilidad en vez de tecnologías específicas como punto de partida. En total, se espera gastar aproximadamente 160 M € anualmente en este programa de investigación durante un período de cinco años.

CUADRO 4 *Forschung für nachhaltige Entwicklung - Investigación para la Sostenibilidad*

Fuente: Whitelegg/Weber (2002) y estimaciones propias.

Tabla 2 Panorama de las ERA Nets en temas de relevancia directa para las Tecnologías Ambientales y la investigación.

<i>Título</i>	<i>Tipo</i>	<i>Presupuesto</i>
Promoción de iniciativas nacionales integradas de I+D para tecnologías de energía fósil hacia plantas de energía de emisión cero.	Acción de apoyo específica	190 mil €
Transición hacia una red de intercambio europea para mejorar la difusión de los resultados acerca de la investigación sobre la Gestión Integrada de Recursos Hídricos.	Acción de apoyo específica	190 mil €
Plan preactivo europeo de identificación de riesgos emergentes en el campo de la producción alimenticia.	Acción de apoyo específica	150 mil €
Procesos para la seguridad alimenticia: formar una base sólida para la expansión de un Área de Redes Nórdica de Investigación a un Área de Redes de Investigación Europea.	Acción de apoyo específica	190 mil €
Gestión sostenible del suelo y agua subterránea bajo la presión de la contaminación del suelo.	Acción de coordinación	1000 mil €
Establecimiento de redes, coordinación, cooperación e integración de programas nacionales de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el campo de la empresa sostenible (SUSPRISE).	Acción de coordinación	2700 mil €
Coordinación de la Investigación sobre el Impacto Climático dentro de una Europa más amplia.	Acción de apoyo específica	200 mil €
Cooperación estratégica entre programas nacionales promocionando la construcción sostenible y el funcionamiento de edificios.	Acción de coordinación	2530 mil €
ERA Net en bioenergía.	Acción de coordinación	2650 mil €

<i>Título</i>	<i>Tipo</i>	<i>Presupuesto</i>
Trabajo de redes e integración de programas nacionales y regionales en el campo fotovoltaico, la investigación en la energía solar y el desarrollo tecnológico (Investigación y Desarrollo Tecnológico) en el Área de Investigación Europea.	Acción de coordinación	2570 mil €
Acción de coordinación para establecer ERA Net sobre hidrógeno y pilas de combustible.	Acción de coordinación	2700 mil €
ERA Net para catálisis aplicada en Europa.	Acción de coordinación	2710 mil €
Coordinación en la Investigación Transnacional Europea de Alimentos Orgánicos y agricultura.	Acción de coordinación	1200 mil €
Salubridad en los alimentos-Formación de una plataforma europea para proteger a los consumidores de riesgos para la salud.	Acción de coordinación	2470 mil €

Fuente: EC (2004a & 2005a)

CAPÍTULO 3

Desarrollos actuales y emergentes en las Tecnologías Ambientales

Esta sección está dirigida a ofrecer una visión general sobre las principales áreas de investigación y desarrollo tecnológico que serán cruciales para la evolución futura de las Tecnologías Ambientales y así apuntar hacia los retos clave socioeconómicos descritos en la sección 2.1. Por una parte, será necesaria la investigación para comprender los impactos actuales (y si es posible los futuros) y la dinámica de las interacciones entre sistemas sociales y ecológicos. Por otra parte, la investigación y el desarrollo tecnológico son necesarios para comprender y desarrollar soluciones potenciales y opciones para mejorar la calidad de las interacciones entre los sistemas sociales y ecológicos.

La importancia de las Tecnologías Ambientales no sólo se remonta a las contribuciones que se esperan llevar a cabo para dirigir los ya mencionados retos socioeconómicos. Las Tecnologías Ambientales han desarrollado en las últimas dos décadas millones de negocios europeos a nivel global. Aunque las cifras puedan resultar un poco bajas y la delimitación del sector complicada, se estima que la ecoindustria tenga una facturación de aproximadamente 180 B € por año y ha generado en Europa sobre medio millón de nuevos puestos de trabajo entre 1997 y 2001 (Ecotec 2002, tal y como se cita en Kemp/Andersen/Butter 2004). Con unas estimaciones en el mercado global que ascienden aproximadamente a 550 B €. La UE lo cubre en más de un tercio, teniendo unas buenas perspectivas de crecimiento, en particular, en los nuevos estados miembro. Esto va en línea con los datos de la OCDE, que estima un crecimiento del mercado global en bienes ambientales y servicios desde los 300 B € en el 2000 a más de 500 B € en el 2010 (Anderson *et al.* 2001).

Debido al carácter polifacético y heterogéneo de las Tecnologías Ambientales, es muy difícil por no decir imposible proporcionar algo más que una valoración a grandes rasgos sobre la actuación de Europa en las Tecnologías Ambientales. Los datos disponibles no permiten un análisis comparativo serio con EEUU y Japón, sino que sólo podría ser a nivel de tecnologías muy específicas o estudios de caso pero un nivel tan detallado iría más allá del alcance de este informe¹².

¹² Para algunos estudios de caso de Tecnologías Medioambientales individuales y el impacto que tuvieron, por ejemplo, las regulaciones en las distintas difusiones de la innovación, ver Sartorius/Zundel (2004).

3.1 Tecnologías Ambientales - una primera visión general

La investigación y el desarrollo tecnológico es uno de los muchos caminos para tratar con retos ambientales. Esto se refleja en las estrategias para mejorar la **eficiencia ambiental** de nuestras sociedades. Otras estrategias, por ejemplo, son discutir sobre la **suficiencia** y el cambio en nuestros patrones de consumo para reducir la presión ambiental. Se sugiere una interpretación un tanto diferente cuando se adopta el concepto de **mejorar la consistencia metabólica**, por ejemplo, la integración de operaciones económicas en los sistemas naturales de metabolismo de la sociedad y la ecología en el centro de las estrategias orientadas al futuro. De todas formas, en las tres estrategias, la tecnología juega un papel clave incluso si se difiere sobre el énfasis en ciertas soluciones tecnológicas.

Las Tecnologías Ambientales, o más ampliamente hablando, las innovaciones ambientales han cambiado en términos de enfoque básico durante los últimos años. Cuando echamos la vista a la evolución histórica de los intentos en remediar los impactos ambientales del comportamiento humano y de las tecnologías, en particular, se pueden distinguir sin duda alguna, **tres fases principales**:

- Tecnologías “al final del proceso” u optimizaciones de sistema (entre los 70 y 80)
- Tecnologías de procesos integrados o rediseño de sistemas (entre los 80 y 90)
- Innovaciones de sistema o funcionales (entre finales de los 90 y la actualidad)

Tal y como se muestra en la Figura 2, cada una de estas tres fases básicas sobre innovaciones ambientales tiene un cierto potencial para reducir el impacto ambiental y aumentar la eficiencia.

Durante los últimos años, hemos sido testigos de importantes éxitos en términos de innovaciones ambientales, abarcando desde catalizadores para coches y desulfuración del gas de combustión (por ejemplo: tecnologías “al final del proceso”) a procesos de producción más limpios y prácticas de gestión y supervisión (por ejemplo: tecnologías de procesos integrados). La atención también ha girado más recientemente desde las innovaciones en el proceso a productos y servicios ecológicos en los que es necesario tener en cuenta el impacto ambiental en la producción completa.

A pesar de esto, sólo hemos alcanzado aquellos logros que estaban más al alcance de la mano, teniendo en cuenta el desarrollo y las soluciones específicas tecnológicas que se han llevado a cabo. Algunas de éstas han tenido una repercusión importante en las cadenas de producción-consumo de las que forman parte (p. ej: descentralización, tecnologías sobre las energías renovables o la gestión de residuos) pero en general, el siguiente paso de continuar con las innovaciones ambientales, es decir, aquellas que

supuestamente reducen en un alto grado los impactos ambientales, todavía no se han llevado a cabo. Esto es lo que típicamente llamamos innovaciones de sistema. Por ejemplo, una serie de innovaciones que proporcionan un servicio novedoso, incluyendo una nueva lógica (unos principios guía) y nuevos tipos de prácticas, dando paso a un cambio en la ecoeficiencia (Rennings *et al.* 2003; Butter 2002).

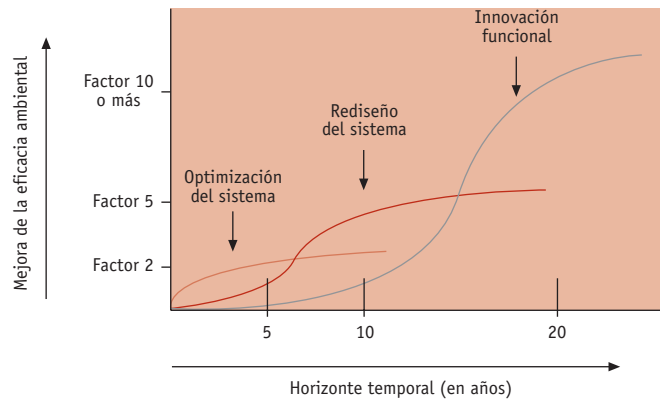


FIGURA 2 Niveles de innovación en el producto en el producto ambiental.

Fuente: Weterings *et al.* 1997

El tema clave del futuro está en cómo avanzar más allá de la optimización y rediseño del sistema (los logros que estaban más al alcance de la mano) y dirigirse hacia **innovaciones funcionales o del sistema** (ver figura 2). Para ese propósito, las Tecnologías Ambientales específicas tendrán que estar ajustadas dentro de unas estrategias más amplias de transformación. El conocimiento e investigación requeridos para esto será de diferentes clases: obviamente va a ser necesario, para que sean explotadas, el potencial de las innovaciones tecnológicas específicas ya sea genérica y sectorial/temática. Su aplicación para el desarrollo de productos y servicios ecológicos dependerá de un marco adecuado, tanto a nivel de empresas individuales como de sistemas de producción-consumo. Para poder trazar de una manera empírica los impactos en el medio ambiente, serán necesarios sistemas de medida y vigilancia. Esto, en combinación con una mejor comprensión acerca de las complejas interdependencias entre sistemas sociales y ecológicos, hará que el impacto en el medio ambiente de las nuevas tecnologías y sistemas se pueda anticipar de una manera mejor.

Tal y como se explica en la figura 3, este sencillo marco desarrolla cinco áreas principales sobre investigación tecnológica ambiental para el futuro: sistema político y de gestión ambiental, tecnologías genéricas, tecnologías sectoriales específicas, productos y servicios ecológicos y el modelado de las interacciones entre la sociedad y la ecología. Estas diferentes áreas de investigación no se deberían considerar de manera aislada. A menudo, las tecnologías requieren una combinación de soluciones técnicas, propuestas de gestión a

diferentes niveles y a lo largo de la cadena de suministro para que resulten prósperas.

Entre estas cinco áreas de investigación hay obviamente interdependencias que surgen del carácter sistémico de las innovaciones ambientales (sistemas). En pocas palabras, el modelado de las interacciones e impactos de la sociedad y la ecología es crucial para comprender lo ambiental, al igual que el impacto económico de las tecnologías ambientales (genéricas, sectoriales, de productos y servicios) que, a su vez, se convierten en un aporte importante para las acciones de gestión ambiental tanto a nivel de empresa como de orden público.

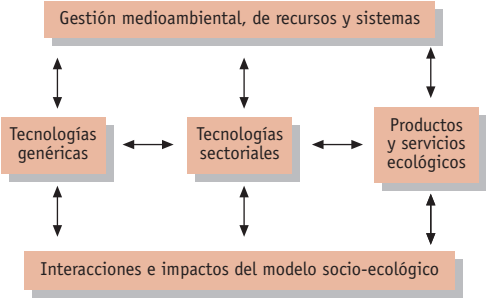


FIGURA 3 *Áreas clave de investigación sobre Tecnologías Ambientales.*

3.2 Del análisis de impacto hacia la comprensión de las interacciones entre sociedad-medio ambiente

3.2.1 Tendencias y desarrollos actuales

Supuestamente el uso y desarrollo de las Tecnologías Ambientales es para reducir la presión sobre nuestro medioambiente. Sin embargo, estos impactos son muy difíciles de recoger y comprender. La investigación ambiental se concentró en el pasado en mejorar nuestro conocimiento acerca de las complejas interdependencias en los sistemas ecológicos, teniendo en cuenta las intervenciones de la sociedad y la economía. Esta complejidad se refleja, por ejemplo, en las dificultades con las que se encuentran los investigadores cuando se enfrentan al área de modelos climáticos.

No cabe duda que todavía queda por hacer mucho trabajo de investigación en cuanto a modelos ambientales, pero para establecer una conexión con las estrategias de cambio a largo plazo para alcanzar la sostenibilidad, es necesario que estos modelos se encuentren dentro de un marco más amplio de interacciones de sociedad y ecología. Por tanto, el paso siguiente en la investigación será tener en cuenta las complejas interacciones entre los sistemas sociales y ecológicos, por ejemplo, las cadenas de impacto y mecanismos de retroalimentación entre estos dos sistemas. Se están desarrollando y poniendo a prueba actualmente en los EEUU y Europa nuevas propuestas de modelos como la “*gestión adaptada*” para poder tener en cuenta estas interacciones. Están inspiradas en *sistemas de investigación complejos*, por ejemplo, desde un área de investigación de la que se espera que tenga una importancia transversal relevante a una amplia variedad de campos de investigación¹³. Sin duda alguna, dicha comprensión sobre las interacciones entre la sociedad y el medio ambiente requiere, en primer lugar, un control comprensivo y medir el impacto ambiental al igual que una reacción en la sociedad a largo plazo.

Este cambio de perspectiva hacia unas interacciones de sociedad y medio ambiente resulta un tema crucial con respecto a las Tecnologías Ambientales porque puede conducir a otras percepciones diferentes, teniendo en cuenta el tipo de régimen producción y consumo que sea compatible con la evolución sostenible de nuestro ecosistema. Hoy en día, las estrategias de eco-eficiencia (p. ej: debates sobre factor 4 o factor 10) dominan los debates sobre los caminos futuros para las Tecnologías Ambientales. Estas apuntan a reducir los materiales y la intensidad de energía de los procesos industriales. Incluso las estrategias de suficiencia van más allá llamando a

¹³ Ver el informe del grupo HKG sobre “Complexity and Systemics”.

una disminución del consumo para reducir la carga sobre el medio ambiente. No obstante, si a pesar de todas las interacciones entre la sociedad y el medio ambiente se tienen en cuenta dentro de un marco socio-ecológico, no son el material y la intensidad energética en sí lo que representa el problema para el medio ambiente sino la falta de **consistencia metabólica o eco-consistencia** (Huber 2004). La consistencia metabólica o eco-consistencia implica la capacidad de integrar recursos industriales en el metabolismo ecológico. Desde esta perspectiva, las tecnologías regenerativas y la captación de energía solar se convierten en algo crucial. No cabe duda que muchas conclusiones sobre la perspectiva de la consistencia metabólica son parecidas a aquellas que provienen de la eco-eficiencia convencional como la reducción en el consumo de combustibles fósiles.

3.2.2 La situación en Europa

La atención que se ha prestado a los temas ambientales ha conducido al establecimiento de una comunidad de investigación reconocida sobre el modelo y la supervisión ambiental en Europa, la cual, se encuentra bien integrada dentro de las comunidades internacionales. Sin embargo, la aparición y creación de nuevos enfoques no convencionales lo hace más difícil entre las comunidades existentes. Por tanto, se necesita una iniciativa que una a la comunidad europea en el modelo ambiental clásico con redes de investigación que estén inspiradas en enfoques de sistemas complejos, establecidos dentro de un marco más comprensivo para tratar con las interacciones de la sociedad y la ecología.

3.3 El potencial ambiental de las tecnologías genéricas: nuevas promesas e inseguridades

3.3.1 Tendencias y desarrollos actuales

Existe un número limitado de áreas de investigación científico-tecnológicas que tengan un impacto generalizado en nuestras actividades industriales. Los propósitos generales o tecnologías genéricas son:

- Nuevas tecnologías de materiales
- Tecnologías de la información y la comunicación
- Biotecnología y ciencias de la vida
- Nanotecnología

Se tiende a adoptar y adaptar las tecnologías genéricas a una amplia gama de sectores y áreas de aplicación. Su desarrollo está fuertemente influenciado por la investigación científica y sin duda alguna influenciado hasta cierto punto por las necesidades que forman parte de las Tecnologías Ambientales. Además, como habrá distintos informes sobre estas cuatro áreas genéricas de C&T éstas sólo serán analizadas brevemente en relación con su papel como Tecnologías Ambientales. Una visión general de los desarrollos clave en la nanotecnología, biotecnología y TICs se identifica en los últimos ejercicios en ocho países y se puede ver en el anexo 2.

1. Biotecnología

Los procesos tecnológicos tienen la capacidad de reducir el consumo de materias primas y energía y a veces hacer posible la producción de diferentes y nuevos productos y procesos. Con respecto al medio ambiente, se deberían distinguir cuatro áreas principales de biotecnología. La primera de todas, la **biomasa** se puede utilizar como sustituto de los combustibles fósiles en una amplia gama de procesos de producción químicos. Este cambio de materias primas requiere diferentes procesos en las bio-refinerías. En segundo lugar, las **biotecnologías que hacen posible los procesos de producción** son prometedoras, por su gran aumento, en la eficiencia si lo comparamos con su equivalente en química y se pueden usar en una gran variedad de procesos industriales: farmacéuticas, químicas, de procesamiento de alimentos, pulpa y papel, etc., especialmente el uso de organismos modificados genéticamente en los procesos de producción de, por ejemplo, la industria farmacéutica que ofrece un potencial mayor pero no disputado. En tercer lugar, la **biotecnología agrícola** juega ya un papel importante a

la hora de ayudar a reducir la necesidad de pesticidas a través del desarrollo de cultivos resistentes. Existe un potencial importante para mejorar las características de los cultivos en cuestión de ingeniería genética, una tecnología que está sin embargo en tela de juicio. En cuarto lugar, la biotecnología (p. ej: microorganismos) se puede emplear para **depurar el agua contaminada, la atmósfera y el suelo.**

De acuerdo con el proyecto “Danish Green Technology Foresight” (GTF 2005) es necesario subrayar seis áreas de biotecnología, debido a sus prometedoras características, en lo que se refiere a reducir el impacto ambiental:

- Producción y aplicación de enzimas
- Eficiencia en la fermentación
- Biopolímeros
- Bioetanol
- Sustancias químicas de base biológica
- Bio-recuperación

Con respecto al medio ambiente, estos tipos diferentes de biotecnología continuarán siendo de una crucial importancia. Para asegurar el avance, se tendrán que dirigir las barreras relacionadas con la I+D (acceso a la financiación, derechos de la propiedad industrial e intelectual, colaboración de la ciencia en la industria, opinión pública) y las barreras para la adopción y difusión.

2. Nuevos materiales

Los nuevos materiales son los “clásicos” para los objetivos generales de la tecnología. En el proyecto reciente de FutMan se ha llevado a cabo un análisis sobre los futuros caminos para las nuevas tecnologías de materiales basadas en una encuesta a expertos¹⁴. Las principales perspectivas para las tecnologías de materiales se registran en la figura 4. Se distinguen tres vías o perspectivas principales que pueden también coexistir. Con el punto de referencia en la perspectiva tecnológica, se espera que la **especialización** de las tecnologías tradicionales de materiales crezca.

Las dos perspectivas tecnológicas alternativas se llaman Convergencia e Integración. La Convergencia introduce un pensamiento lateral pluridisciplinario tanto en el desarrollo de bienes/productos nuevos como su proceso de manufacturación. La **Convergencia** ya está avanzada y se apoya en la política tecnológica de la UE. Los materiales híbridos representativos de esta perspectiva pueden ser los materiales

¹⁴ Para ver una evaluación más general del impacto medioambiental de las tecnologías de materiales, ver ITPS (2002). Se distinguen dos perspectivas: por una parte, asumiendo la puesta en práctica de las mejores tecnologías disponibles con que se cuenta (“Best Available Technologies”), y por otra parte, asumiendo un avance más rápido de las tecnologías de materiales en su posterior puesta en práctica de una manera generalizada.

compuestos tradicionales como los basados en polímeros, cerámicas o compuestos basados en metales. Se espera que otros materiales híbridos emerjan en áreas de biomateriales, materiales sándwich y optoelectrónicos.

La vía de la integración tecnológica es la más próspera para el futuro. Está basada en el principio de que la función determinará en la forma no sólo de los materiales sino también de su proceso de manufacturación. El nuevo paradigma estará basado en la generalización de la nanotecnología y requerirá una inversión sustancial en I+D. Asociado a esta perspectiva se encuentran desarrollos tales como el proceso de producción adaptado que integra un diseño innovador, tecnologías de materiales y procesos de producción: producción en el momento y en el tiempo, la miniaturización de la producción, ahorros energéticos y almacenamiento energético.

En general, esta perspectiva tecnológica parece ser la ideal teniendo en cuenta los factores sostenibles y las oportunidades de innovación tecnológica, pero también es la más insegura ya que exige los cambios más significativos en tecnología pero también en organización (CMI 2003).

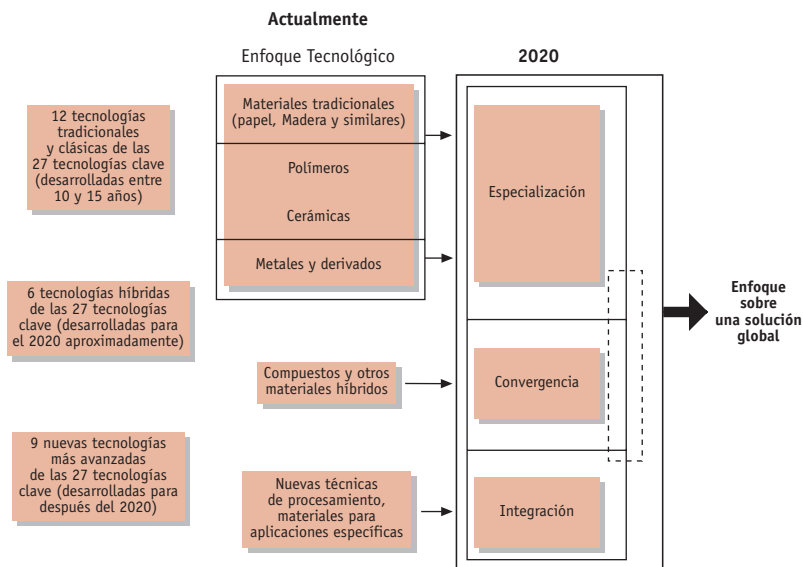


FIGURA 4 Perspectivas de desarrollo tecnológico para nuevos materiales.

El proyecto FutMan también proporciona una valoración general sobre la ventaja comparativa de Europa en las nuevas tecnologías de materiales. Estas aparecen en la figura d. No obstante, esta visión general no distingue la importancia de las tecnologías de nuevos materiales en el medio ambiente.

	<i>Prioridades tecnológicas</i>	<i>Organización I+D</i>	<i>Conexión con industrias de fabricación</i>
EEUU	Nº 1 en todos los avances de tecnologías de materiales	Flexibilidad de I+D a través de agencias financieras y llamadas para propuestas	Modelos de proyecto ya puestos en práctica
Japón	Nº 3 en las tecnologías de materiales más avanzadas	Fuerte tradición del mercado basado en I+D: una base científica más débil	Fuerte tradición de mercado basado en I+D
Europa	Nº 2 en las tecnologías de materiales más avanzadas	Tradicción de una fuerte especialización de científicos Surgimiento de NoE & IP	Desarrollo de la tecnología en el modo de transferencia

FIGURA 5 *Perspectivas sobre las tecnologías de materiales: el reto de Europa.*

Fuente: Informe final de FutMan (2003), para más detalles ver también CMI (2003)

3. Tecnología de la Información y Comunicación TICs

Hoy en día las TICs se han aplicado de una manera generalizada en todos los sectores de la industria y servicios y han revolucionado el trabajo, la vida y la producción en muchos aspectos. El control, los sensores, el tratamiento de datos y la simulación tecnológica ayudan a optimizar la operación de los procesos de producción y de esta manera reducen el impacto ambiental. Sin embargo, ha habido otros aspectos de las TICs que no se han hecho realidad. El menor uso de papel en la oficina se convirtió en una mera ilusión, el impacto beneficioso de las teleactividades sobre la demanda de viajes es menor si es que se puede medir en cualquier caso (Wagner *et al.* 2003).

Sin embargo, poca duda hay de que las TICs sean la clave para llevar a cabo unas tecnologías ambientales más eficientes. En general, se esperan beneficios ambientales más importantes que surjan de desarrollos futuros (GTF 2005; Saracco *et al.* 2004):

- Desaparición del ordenador
- Conectividad siempre presente y sin interrupciones
- Arriesgar patrones de tráfico
- Productos desechables
- Sistemas autónomos
- De la producción al empaquetamiento
- Aparición de infraestructuras virtuales

En el área de producción, concretamente los intentos de generar productos y servicios ecológicos dependerá de la capacidad para supervisar y coordinar la cadena de producción desde la extracción de la materia prima al servicio final. Esto resultaría impensable sin un uso generalizado de las TICs.

4. Nanotecnología

Se espera que la nanotecnología, un área emergente de las tecnologías de uso general, forme la base de la próxima revolución industrial. Se trata de un área muy heterogénea de la ciencia y tecnología que engloba las tecnologías de superficie así como los materiales nanoestructurados, los sensores, los microprocesadores nanoestructurados y los dispositivos médicos. Se dice que el potencial del medio ambiente reside, de manera predominante, en el **posible aumento de la eficiencia de los recursos** que podríamos conseguir siendo pequeños, eficientes, más ligeros y duraderos. A este potencial se le añade la capacidad de desarrollar productos inteligentes empleando la nanotecnología y la capacidad de adaptar estos productos a aplicaciones específicas. El impacto de estos desarrollos es de gran alcance. Por ejemplo, los nuevos materiales basados en la nanotecnología, los cuales poseen propiedades nuevas, pueden emplearse para el aumento de la eficiencia de los sistemas energéticos, abarcando tanto los recursos convencionales de origen fósil, como los recursos de energías renovables. Otro ejemplo con un impacto potencial significativo es que la nanotecnología permite fijar dosis más específicas, una tecnología que puede usarse para aplicaciones médicas y para corregir los daños ambientales.

Sin embargo, la aplicación extensiva y dominante de los dispositivos nanotecnológicos genera **la duda sobre si los efectos secundarios tendrán más peso que los beneficios potenciales**. No obstante, en algunos campos, el potencial para el medio ambiente es bastante evidente. Los materiales nanoestructurados pueden ayudar a aumentar la eficiencia de la generación de energía (p. ej. posibilitando la superconductividad) y además, las nanosuperficies requieren menos limpieza.

A pesar de que algunas nanotecnologías ya han alcanzado la fase de aplicación, este campo se caracteriza por un alto grado de apertura y dinamismo. Muchas tecnologías aún se encuentran en la fase experimental, lo cual implica que su importancia ambiental sea incierta y se precise una mayor observación. Esta no es la única razón que explica que la atención que actualmente se presta a las nanotecnologías no provenga de su potencial medioambiental, sino de la promesa de desempeñar un papel clave para la competitividad futura de aquellos que la dominan.

3.3.2 La situación en Europa

Es muy difícil hacer una valoración general de la posición de Europa en estas cuatro áreas de tecnologías de uso general. En los cuatro campos, las organizaciones y empresas de investigación europeas han mostrado competencias y resultados destacables, pero el panorama varía mucho:

En el área de la biotecnología, nos encontramos frente a un panorama mixto. La situación específica en Europa con respecto al empleo de cultivos genéticamente modificados puede interpretarse, obviamente, como una debilidad específica, pero existen poderosos argumentos que explican por qué en este caso es conveniente un enfoque preventivo. La industria farmacéutica ha comenzado a realizar importantes inversiones en la investigación en los EEUU y más recientemente en Asia. Este cambio se justifica por el acceso a las competencias de investigación del más alto nivel pero se debe también a la importancia de que estos mercados pudiesen servir de prueba para los nuevos productos. Aun así, áreas de investigación como la biomasa y la producción biotecnológica son muy importantes en Europa.

- En el área de las TICs, disponemos de análisis detallados de los puntos fuertes y débiles de la investigación y la tecnología, y con ello se demuestra que Europa no sólo está defendiendo su liderazgo en partes clave de las tecnologías de la comunicación sino que también se ha puesto al día en otras áreas como el almacenamiento, la visualización y el procesamiento.
- En el área de la investigación se invierten importantes sumas en las TICs pero también podemos observar una fuerte tendencia hacia la internacionalización¹⁵.
- El área de investigación de nuevos materiales parece estar arraigada y firmemente establecida en Europa, a pesar de que los impulsos provenientes de la nanotecnología parezcan haber sido aceptados más rápidamente en los EEUU y en Japón.
- La investigación en nanotecnología se ha incrementado en Europa durante los últimos cinco años, pero está altamente concentrada en algunos países (sobre todo en Alemania y en el Reino Unido). Todavía nos falta ver la materialización de su potencial con respecto al medio ambiente así como la materialización de su potencial económico en términos generales.

¹⁵ Ver, por ejemplo, el informe sobre TICs de Dachs/Weber/Zahradnik (2005), el cual fue preparado en el contexto del proyecto de prevención FISTERA financiado por la UE, o para las tecnologías materiales, el informe CMI (2003) como parte del proyecto Futam.

3.4 Tecnologías Ambientales específicas sectoriales: hacia una producción sostenible¹⁶

3.4.1 Desarrollos y tendencias actuales

La mayor parte de las Tecnologías Ambientales se ha desarrollado durante los últimos treinta años en sectores individuales de producción y consumo. La figura 6 nos proporciona una visión simplificada de cómo pueden sistematizarse las diferentes fases por las que pasan los recursos, partiendo de las materias primas hasta llegar a los servicios y a los productos finales. Para cumplir con los objetivos de este documento observaremos un conjunto de sectores que se basan en gran parte en la tipología empleada en el IPTSⁱ (2004). En él se han analizado el desarrollo y las barreras de las Tecnologías Ambientales a nivel sectorial¹⁷. Después, sólo se analizarán, brevemente, algunos sectores seleccionados, en concreto, los plásticos, el acero, el papel y pulpa, y la construcción. En otros informes del HLGⁱⁱ se analizan más sectores (en particular, la energía, el transporte, y los productos agroalimentarios). En vista del gran número de sectores individuales que potencialmente podrían estudiarse con respecto a las tendencias actuales en Tecnologías Ambientales, esta selección sólo pretende reflejar unos cuantos ejemplos.

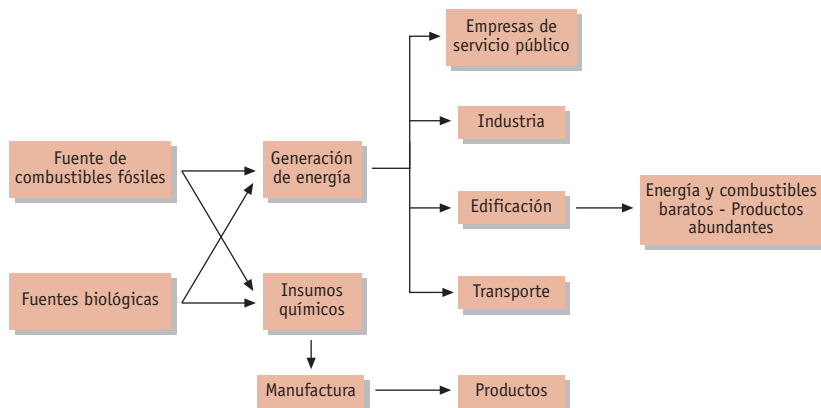


FIGURA 6 *Fases de las materias primas hacia el uso industrial.*

Fuente: DoE (1998), tal y como se cita en el IPTS (2004)

¹⁶ Esta sección se inspira principalmente en un informe titulado "Promoting Environmental Technologies: Sectoral analyses, barriers and measures" (IPTS 2004).

¹⁷ Antes todo, se ha hecho referencia a doce sectores en este informe exhaustivo: biotecnología, tratamiento de residuos, eco-diseño, productos- servicio, papel y pulpa, cemento, hierro y acero, materiales no férreos, plásticos, refinerías, construcción y minería. No todos ellos se corresponden con los sectores industriales convencionales, pero representan áreas clave de desarrollo tecnológico de importancia vital para el medio ambiente.

1. Pulpa/Papel

La industria de la pulpa y el papel ha sido considerada durante décadas como una industria altamente contaminante, pero el uso extendido tanto de la tecnología “al final del proceso” como el empleo de las tecnologías limpias han contribuido a reducir las emisiones en el agua y en el aire (que todavía son bastante elevadas). Esta industria consume grandes cantidades de agua y de energía durante el proceso, pero por medio de conceptos como el suministro de energía integrada, el problema puede mantenerse dentro de unos límites razonables. El reciclaje de papel ha alcanzado tasas de alrededor del 50% y se espera que siga aumentando en los próximos años hasta alcanzar un máximo del 60-70%. Como se espera que la demanda de papel y cartón siga creciendo, muchos de los adelantos en el uso de las Tecnologías Ambientales darán sus frutos. La cadena de producción al completo quedará cubierta con futuras áreas de desarrollo tecnológico en el papel y la pulpa, con el objeto específico de mejorar la calidad, el rendimiento y el consumo de energía de las fábricas.

Debido a la gran intensidad de capital de la industria y a la larga vida de los equipos, el cambio hacia las Tecnologías Ambientales no es fácil. Esto implica la necesidad de investigación a largo plazo si se pretende realizar un cambio hacia las nuevas tecnologías integradas.

2. Plásticos

El sector del plástico produce alrededor de 37 millones de toneladas de diferentes tipos de polímeros en Europa, su magnitud ya es muy considerable y se espera que siga creciendo en los próximos años. Un cambio en las tecnologías tendría por lo tanto un impacto importante. El factor clave es probablemente la sustitución de la petroquímica por las materias primas renovables. Se están desarrollando varias opciones, y el ácido poliláctico es la alternativa más importante y competitiva, hasta el momento, para cierta gama de plásticos. Mientras que, en general, se pueden mantener los conceptos básicos de las refinerías conocidos a partir de las industrias plásticas y químicas, se necesitarán cambios significativos en los procesos de producción, de manera que se garantice una calidad y unas características estables y fiables de los productos finales. Aunque también existe el factor de la biodegradabilidad, su pertinencia depende de la duración estimada de los productos. Deberíamos constatar un tercer asunto significativo, el reciclaje, que representa un factor de coste importante. A parte del coste del reciclaje, la posibilidad limitada de que los plásticos reciclados tengan un uso productivo supone un problema. La conversión de los “residuos en energía”, es seguramente la segunda mejor opción, pero tendrá que mejorarse en el futuro en paralelo con la recirculación de los plásticos reciclados al proceso de producción. Para facilitar y mejorar la reciclabilidad, son de vital importancia los estándares, las especificaciones y los métodos de prueba para aumentar la confianza de productores y consumidores en la calidad de materiales producidos a partir de plásticos reciclados.

3. Hierro y acero

El hierro y el acero representan el sector de manufacturación que más energía consume en el mundo, por ejemplo, este sector representa el 19% de consumo de la energía y el 28% de las emisiones de CO₂ de la producción europea. La reducción del consumo de energía ha sido, y todavía es, un factor muy importante en el área del desarrollo tecnológico. Los procesos básicos más importantes en la producción de acero son dos: los altos hornos/ hornos básicos de oxígeno (BOF)ⁱⁱⁱ y los hornos de arco eléctrico (EAF)^{iv}. Estos representan dos vías bastante diferentes de producción, se basan en fuentes distintas (p. ej. la selección de escoria) y crean productos diferentes. No cabe duda de que el EAF consume menos energía. Actualmente, parece que esta separación se está volviendo confusa debido a procesos nuevos y modificados, como la reducción directa (DR)^v, que permiten interrelacionar los dos procesos básicos. La reducción y fusión (SR)^{vi}, con emisiones reducidas de CO₂, se considera fundamentalmente como una alternativa a los altos hornos.

Al igual que otras de las industrias mencionadas, la del Hierro y el Acero se caracteriza por un equipo muy duradero y por lo tanto, es bastante reticente a la introducción de nuevas tecnologías. Se prefiere el perfeccionamiento continuo del equipo existente. Obviamente, el debate sobre el cambio climático es muy importante en este sector y es probable que conduzca a innovaciones en el futuro, como consecuencia del intercambio de emisiones. Sin embargo, la calidad de los productos finales determina de manera crucial la posibilidad de emplear ciertos procesos novedosos. La competencia, sobre todo a nivel internacional, tiende a cambiar la estructura de la industria, así como la localización de las plantas.

4. Construcción/edificación

Las actividades del sector de la construcción no sólo requieren una gran cantidad de materiales, sino que también representan casi el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero. El desarrollo tecnológico actual y futuro pretende abordar estos dos aspectos. Si se emplean materiales para la construcción más respetuosos con el medio ambiente y se reutilizan los escombros, podrían reducirse de manera significativa los recursos empleados y los residuos producidos, mitigando de este modo el impacto ambiental. La segunda área principal de investigación está centrada en las pérdidas de energía que acarrear los edificios. La mejora del aislamiento de los edificios parece tener ciertos límites pero se espera que la administración inteligente de energía en las casas, con una localización y un diseño apropiados, mejore las características energéticas de los edificios. Asimismo, también se espera un impulso por parte de las tecnologías de uso general (TICs, tecnologías de materiales y nanotecnología) para el futuro.

El sector se caracteriza por un gran número de pequeñas empresas, que tienden a tener unos incentivos bastante limitados para adoptar tecnologías de reciclaje avanzadas. Al igual que sucede con los plásticos reciclados, también en la construcción existe un factor de confianza en la calidad de los materiales reciclados. Las inversiones de la alta tecnología en la eficiencia energética tienden a mostrar unas perspectivas más prometedoras, incluso si existe cierta incertidumbre en cuanto al precio que habrá que pagar a largo plazo. La capacidad de las pequeñas empresas de construcción para adoptar tecnologías genéricas altamente avanzadas también depende de sus destrezas técnicas. Esto supondrá al menos la necesidad de cooperar con otras empresas especializadas, y el consecuente aumento de los costes de transacción.

3.4.2 La situación en Europa

Los cuatro ejemplos analizados anteriormente sirven para ilustrar como en Europa la investigación en Tecnologías Ambientales se aborda a nivel sectorial. A pesar de la diversidad de los sectores individuales, se deben hacer algunas observaciones generales a cerca de la situación en Europa. En primer lugar, con la introducción de la directiva europea sobre la prevención y control integrados de la contaminación (IPPC)^{vii}, el empleo de Tecnologías Ambientales se había promovido de manera muy considerable. Se han elaborado unos manuales titulados *The Best Available Technology Reference Manuals* que sirven de guía sobre el rendimiento que se puede alcanzar en las plantas de producción sin recomendar tecnologías individuales, y al mismo tiempo, proporciona indicaciones acerca de las alternativas tecnológicas disponibles. La principal ventaja debemos encontrarla en la guía para “retrasos ambientales”, p. ej. el gran número de empresas no innovadoras que necesitan tener fácil acceso a información sobre las mejores prácticas para ayudarles a mejorar su función ambiental a través de tecnologías desarrolladas en cualquier otro lugar.

En segundo lugar, es muy difícil comparar la situación en Europa con la situación en los EEUU o en Japón, donde otras normativas y condiciones marco tienden a favorecer el desarrollo y el uso de diferentes Tecnologías Ambientales. Por ejemplo, las reglas y normativas con respecto al reciclaje son muy específicas en Europa, como lo es la reglamentación de la responsabilidad en EEUU. La adquisición puede ser otro factor determinante y es muy específico en cada país. Por lo tanto, podría resultar superficial una comparación únicamente del rendimiento de la investigación. En su lugar, sería necesario un análisis comparativo de los sistemas para valorar los méritos individuales de investigación con el objetivo de mejorar la función económica y ambiental de las distintas empresas, países y regiones del mundo.

En tercer lugar, a pesar de estas dificultades, no cabe duda de que Europa es un país bastante fuerte en tecnologías ambientales sectoriales.

3.5 Productos ecológicos, productos-servicio y ecodiseño¹⁸

3.5.1 Desarrollos y tendencias actuales

De hecho, en las dos últimas décadas, hemos observado un crecimiento en los servicios que también se refleja en la industria actual así como en las estadísticas de I+D. En la mayoría de los países industrializados, el sector servicios representa alrededor del 60-70% del PIB, y la proporción del empleo tiende a ser incluso mayor. A pesar de que las estadísticas de I+D aún tienden a subestimar la I+D y la innovación en los servicios, los cambios como la contratación de mano de obra que no pertenece a la empresa han incrementado los servicios intensivos de conocimiento tanto en la Unión Europea como en otros países no europeos (p. ej. La India).

No obstante, esta tendencia general hacia los servicios y los servicios intensivos de conocimiento no debería confundirse con un cambio generalizado hacia los servicios y productos “ecológicos” y más respetuosos con el medio ambiente. La idea que se encuentra detrás del diseño de materiales y productos ecológicos es obtener un mayor servicio y bienestar empleando menos aditivos y recursos no renovables.

- Creas sostenibilidad a partir de productos y consigues ahorrar de una manera muy considerable en el consumo de materiales, energía y otros recursos.
- Fabricas productos fáciles de mantener, p. ej. construyéndolos como módulos. Esto facilita su separación y al mismo tiempo aumenta las posibilidades de reciclaje.
- Fabricas productos más ecológicos al emplear materiales eficientes a partir de nuevos recursos y tecnologías de producción. Esto significa que los productos y los servicios se ven en relación con su ciclo de vida al completo, abarcando la extracción de las materias primas, la producción, la distribución el uso y la venta.

No cabe duda de que la orientación hacia la venta y la adquisición de servicios contribuye, más que la orientación hacia los productos, a que tanto consumidores como productores asimilen los costes ambientales exteriorizados. Sin embargo, la mayor parte de nuestro conocimiento procede de estudios de caso y existen pocas pruebas estadísticas concretas que pudieran confirmar este cambio. Aun así, la investigación basada en estudios de casos sugiere que los productos ecológicos, y en particular los productos ecológicos que están anclados en los servicios ecológicos, podrían desempeñar un papel cada vez más importante en el futuro, incluso si esta tendencia no se considera todavía muy importante (IPTS 2004).

¹⁸ Esta sección se basa en GFT (2004) y en IPTS (2004).

Los futuros factores clave de la investigación en el área de los productos ambientales y productos-servicio son:

- El desarrollo de principios de diseño y herramientas para apoyar el desarrollo de los productos ecológicos;
- El desarrollo de herramientas que posibiliten la valoración de las características ambientales de los productos ecológicos (p. ej. herramientas ACV^{viii} de fácil manejo).
- El desarrollo de conceptos de negocios para productos-servicio ecológicos, sobre todo teniendo en cuenta que estos suelen implicar innovaciones organizativas más importantes para las empresas implicadas.
- La difusión de estos principios, conceptos y herramientas en las numerosas PIMES en Europa.

3.5.2 La situación en Europa

Iniciativas recientes como la política europea PPI^{ix} han provocado un interés creciente en los productos ecológicos y en los conceptos de servicio. En general, se considera que este campo tiene un enorme potencial de desarrollo porque en ciertas áreas, países miembros de la UE como Dinamarca, Países Bajos, Italia, Suecia y Alemania están a la cabeza del desarrollo de los productos ecológicos basados en procesos y materiales respetuosos con el medio ambiente (p. ej. el diseño ecológico).

Las iniciativas para fabricar productos ecológicos deben ser impulsadas por las propias empresas y los consumidores. Sin una fuerte participación de los usuarios en la investigación “experimental”, es muy probable que los productos y servicios desarrollados no lleguen a ser aceptados. Paralelamente, las empresas deben desarrollar y diseñar los productos ecológicos con una visión clara de cómo se puede obtener por medio de un diseño ecológico, un valor óptimo de los materiales, de la energía y de otros recursos empleados para obtener el producto de principio a fin.

El potencial de innovación para la industria y para el sector servicios es extremadamente favorable. Además de desarrollo de productos ecológicos en el mercado que van de la empresa al consumidor, también existe el desarrollo y producción de tecnologías de proceso y materiales respetuosos con el medio ambiente en el mercado entre empresas. En particular, los análisis del ciclo de vida tienen un potencial enorme en relación con el desarrollo de métodos y la difusión del concepto entre las empresas industriales. El desafío fundamental se encuentra en unir estas competencias con una cooperación de diseño dinámica entre las empresas, los consumidores y las instituciones de I+D.

Si los precios son altos, tan sólo una minoría demandará productos ecológicos debido a su respeto por el medio ambiente. Sin embargo, se espera que el mercado potencial para los productos ecológicos y más limpios se amplíe a raíz de la creciente

concienciación ambiental entre las empresas y los consumidores privados. El desarrollo del mercado está íntimamente vinculado a la existencia de una serie de instrumentos políticos tales como los impuestos ambientales, las responsabilidades de los productores, la legislación con respecto a las emisiones, etc. También podría desempeñar un papel particular la administración pública, la cual podría reforzar la demanda de los servicios y productos ecológicos adaptando sus normas de adquisición.

3.6 Gestión ambiental, de recursos y sistemas

3.6.1 Desarrollos y tendencias actuales

Varios de los desarrollos tecnológicos y de los principios de diseño anteriormente citados son posibles opciones para mejorar los impactos ambientales de la actividad humana y de la industria en particular. En muchos casos, tan sólo pueden desarrollarse cuando están integrados en las operaciones y prácticas de empresas y en la totalidad de las cadenas de producción-consumo. Esto a menudo requiere combinarlas con innovaciones organizativas y de gestión en el ámbito empresarial y de la cadena de producción y, en algunos aspectos, también a nivel del sector. Por ejemplo, las prácticas de gestión ambiental necesitan introducirse en el ámbito de las empresas para controlar los impactos ambientales y conseguir que estos se tengan en cuenta en los procedimientos de toma de decisiones. Los productos-servicio ecológicos precisan un control total de la cadena de producción “de principio a fin”. (p. ej. desde la extracción de la fuente hasta el servicio final) para asegurar que se minimiza el impacto ambiental de un producto durante todo su ciclo de vida. Y finalmente, los estándares, como por ejemplo, el reciclaje debe realizarse por debajo del nivel de la cadena de producción para posibilitar soluciones transversales.

Además de estos enfoques acerca de la gestión de la producción y los productos ecológicos, los propios recursos debe gestionarse de un modo respetuoso con el medio ambiente, y deben conservarse o corregirse si fuese necesario. Asimismo, las tecnologías de la ingeniería también son necesarias para este propósito como técnicas de gestión.

1. La gestión ambiental en las empresas

La gestión ambiental a nivel empresarial puede basarse en una serie de herramientas y prácticas bastante bien establecidas (análisis del ciclo de vida (ACV), supervisión, sistemas de gestión, auditorías, etc.). Parece que la gestión ambiental en las empresas consiste, más que en desarrollar nuevos enfoques, en la difusión y la aceptación de los ya existentes. Por ejemplo, un estudio a gran escala reveló que la gestión ambiental y los sistemas de auditoría EMAS^x tuvieron una influencia positiva en las innovaciones de procesos y productos ambientales, así como en las innovaciones en la organización ambiental (Rennings *et al.* 2003) pero esa adopción, sobre todo en las PYMEs no suele ser sostenible.

Por lo tanto, sobre los sistemas de gestión ambientales se necesita investigar principalmente en cómo hacerlos más cercanos al consumidor y cómo combinarlos con técnicas de control apropiadas. En un sentido más amplio, sin embargo, necesitamos comprender mejor el funcionamiento en relación con las prácticas de gestión ambiental, y cómo el uso de la gestión ambiental podría extenderse en respuesta a incentivos o normativas.

La industria alimentaria es un ejemplo de primer orden de la producción intensiva de recursos. Los factores fundamentales son el consumo de materias primas procedentes de la producción agrícola y del empleo de mano de obra en el procesamiento de los alimentos. Además de estos factores de coste, la industria alimentaria tiene que cumplir con los requisitos de higiene de los alimentos así como con los estándares profesionales. A raíz de este punto en particular, surge el desarrollo de un modelo de gestión integrada que permite una gestión corporativa de acuerdo con los parámetros de sostenibilidad anteriormente mencionados.

Además de la integración de las áreas de gestión, debe evaluarse y tenerse en cuenta la influencia de otros actores económicos en la sostenibilidad corporativa. Desde este punto de vista, tanto los procesos iniciales como finales por los que pasan los alimentos en su cadena de valor (agricultura, mercado al por menor) así como una red de mercado internacional, son elementos de interés primordial. Un instrumento esencial en este proyecto es la modelización asistida por ordenador de los alimentos, sustancias y flujos de energía inducidos por el procesamiento de los alimentos. Este método ya estandarizado (por ejemplo ACV, balances de la aportación y los resultados) deben incluir también el modelo de "flujos de riesgo" para la calidad e higiene de los alimentos (de nuevo enfoque) para posibilitar la integración de la gestión adicional. El modelo debe cubrir la cadena de valores así como las redes de producción.

Se desarrollarán indicadores para la nueva valoración de los diferentes aspectos de la sostenibilidad corporativa en la industria alimentaria. En el ámbito financiero y medioambiental pueden emplearse métodos fácilmente accesibles. De todas formas, debe comprobarse que son aspectos sostenibles para la industria alimentaria y adaptarlos si fuera necesario. Deben desarrollarse los indicadores de sostenibilidad para la higiene y la calidad.

La puesta en común del procesamiento de datos y la valoración de los diferentes campos en un modelo informático pone de relieve las interrelaciones entre los distintos factores. La apuesta inicial (simulación) y posterior (control) hace posible la gestión sostenible a pesar del telón de fondo de las distintas restricciones (calidad de los alimentos, higiene, capacidad medioambiental y solvencia económica), y al mismo tiempo permite la optimización de factores individuales. Las fuentes de datos para el modelo de gestión son los sistemas TI corporativos así como los sistemas TI de otros factores económicos (proveedores y clientes).

CUADRO 5 *Gestión medioambiental integrada en la industria: el proyecto 13 para la gestión sostenible de los alimentos.*

2. Gestión ambiental de la cadena de producción

La gestión ambiental de las cadenas de producción es esencial para la realización de una política de producción integrada y para los productos-servicio ecológicos. Es necesario encontrar soluciones a bajo precio y que no abusen de los recursos naturales para todas las fases del ciclo de vida del producto (diseño, extracción de los recursos, producción, mantenimiento, uso y uso posterior/reciclaje del producto). Esto requerirá el acercamiento a soluciones igualmente sofisticadas en la gestión de la cadena de suministro, como, por ejemplo, en la industria de la automoción (por ejemplo, la producción ajustada), donde el control de los sistemas de producción altamente expandidos (aunque no debido a razones ambientales) ya es una práctica generalizada. De modo similar, los conceptos de producción integrada localmente, por ejemplo, bajo el título de ecología industrial se han aplicado de manera exitosa en algunos sitios. Empresas químicas de gran escala como BASF, en Alemania, operan con fábricas de producción altamente integradas para optimizar todos los flujos de recursos.

Entre las dificultades de la gestión ambiental de la cadena de producción se encuentran las incertidumbres sobre la aceptación, tanto entre las empresas de la cadena productiva como entre los usuarios. Aparte de la aceptación de los productos y servicios ecológicos, el reciclaje de los materiales y productos supone un serio problema ya que al final de la cadena cíclica de los materiales se encuentra el consumidor.

Hasta el momento, es posible que el reciclaje estuviese considerado como la parte más importante de la gestión ambiental de la cadena de suministro. El sistema alemán "Grüner Punkt" conoce perfectamente las dificultades del reciclaje ya que aún a cuestiones de responsabilidad (¿quién paga por esto?), de estándares (¿quién asegura la calidad del material reciclado?), de garantía de calidad (¿cómo seleccionar las fracciones de material limpio?), y de la aceptación pública de la recogida diferenciada de residuos (¿dónde poner cada tipo de residuo?).

La gestión de la cadena de suministro de alimentos representa un caso particular que puede considerarse muy relacionado con las Tecnologías Ambientales, donde entrarían en juego cuestiones sobre la salubridad de los alimentos y sobre los correspondientes marcos institucionales y normativos.

3. Gestión de recursos y recuperación

Este punto abarca un amplio espectro de tecnologías y soluciones de gestión para la explotación eficiente de los recursos, así como para su recuperación/mitigación. Las principales áreas en las que se necesitaría más investigación en el futuro pueden resumirse de este modo:

- Gestión forestal y agrícola sostenible, que es un tema fundamental relacionado con las prácticas de cultivo y el mantenimiento de la fertilidad del suelo agrícola y la gestión sostenible de los bosques.
- Gestión sostenible del suelo (en particular de las tierras no agrícolas) que en un futuro previsible será un tema candente en relación con los antiguos polígonos industriales. Sobre todo en los nuevos Estados miembros, donde todavía hay que reparar amplias superficies de suelo contaminado.
- Gestión y uso sostenible del agua (incluyendo el tratamiento de las aguas residuales), que es de especial importancia en áreas urbanas y también en la industria. Las reservas de agua también son un tema crucial para la agricultura, sobre todo en las regiones áridas. (p. ej. en el sureste de España)
- La reducción y prevención sostenibles de la contaminación del aire donde, además de las tecnologías integradas y las tecnologías en diferentes sectores industriales, también se precisan tecnologías dirigidas a reducir el número de factores contaminantes (NO_x, metano, CFCs) o de CO₂ en la atmósfera (captación y almacenamiento de CO₂).

- Eliminación y miminización de residuos, p. ej, las tecnologías dirigidas a gestionar los residuos (p ej. vertedero) para minimizarlos, explotarlos económicamente y volverlos a introducir en el ciclo de producción.
- Gestión y suministro de energía sostenible, abarcando (además de las tecnologías de generación) soluciones para ahorrar energía incluyendo los servicios energéticos. Ver también el informe del HLG sobre tecnologías energéticas.

4. Control de sistemas y políticas

Hay un cierto número de desarrollos en la gestión ambiental y de sistemas que rebasan las áreas comentadas anteriormente. En primer lugar, las técnicas de supervisión son una condición previa para todos los enfoques de gestión. Se precisan soluciones de supervisión que sean sofisticadas y, al mismo tiempo, fáciles de usar y baratas. Los avances en la nanotecnología, (p. ej. el procesamiento de datos) contribuyen a este aspecto.

En todo caso, debemos tratar con sistemas complejos que necesitan ser gestionados. Un área de gran importancia en este punto es la investigación acerca de la comprensión de sistemas complejos y de las posibilidades y limitaciones de su gestión. Además, las interacciones anteriormente citadas entre la sociedad y el medio ambiente, la supervisión ambiental y los enfoques generales como la gestión adaptable, representan una base fundamental de la gestión ambiental.

Esto apunta al hecho de que la gestión de los sistemas también es un factor importante más allá del nivel de las industrias individuales, de los sectores individuales e incluso más allá del nivel de la cadena de producción (p. ej. en relación con los estándares). De hecho, la gestión de los sistemas implica muchos aspectos de la política pública. Se sabe que las regulaciones e incentivos son cruciales para el desarrollo y la aceptación de tecnologías ambientales y de gestión de recursos. En el futuro, y sobre todo en vista de la necesidad de gestionar las innovaciones en los sistemas y la transición, a largo plazo, hacia los sistemas de producción-consumo sostenibles, se requiere un mayor entendimiento de las posibilidades y limitaciones de las intervenciones políticas. También será necesaria la investigación en el ámbito político para poder diseñar principios políticos que guíen tales cambios a largo plazo.

3.6.2 La situación en Europa

Durante las dos últimas décadas se ha realizado una gran labor investigadora y de desarrollo en el área de la gestión ambiental en el nivel de las empresas. Básicamente, las herramientas están ahí pero necesitan convertirse en algo más cercano a los usuarios y debe haber más incentivos reales para que las empresas las adopten.

El próximo paso será pasar del nivel de las empresas al nivel de la cadena de producción-consumo al completo y también al nivel de su gestión. Esta es un área en la que actualmente se está llevando a cabo una amplia e importante labor investigadora en Europa. Más allá del nivel de la cadena de producción-consumo, tendrá que ser abordada en los próximos años la gestión a largo plazo de las innovaciones de los sistemas ambientales. En este punto, la política pública y los asuntos de gobierno serán pertinentes y requerirán investigación sobre el papel de los instrumentos políticos así como de las estrategias políticas a largo plazo para guiar los procesos de transición. Algunos experimentos políticos muy avanzados están a punto de ponerse en marcha en algunos Estados miembros, que podrían servir de modelos para este tipo de sistemas de gestión.

La gestión de los recursos es un área específica de actividad que está condicionada por el territorio y tiene por tanto una extensión limitada sujeta tan sólo a la competencia internacional. En Europa, muchas de las actividades anteriormente mencionadas han estado o siguen estando en manos de autoridades públicas (locales), e inmersas en procesos de planificación regionales y locales. La apertura de estas áreas a empresas del sector privado podría cambiar la perspectiva de la gestión de recursos en el futuro.

CAPÍTULO 4

Condiciones para la puesta en marcha de las innovaciones y las Tecnologías Ambientales

Los factores y las fuerzas que impulsan la aparición de las innovaciones de Tecnologías Ambientales están mejor estudiadas en un marco de sistemas (Weber/Hemmelskamp 2005). Sin embargo, como primera aproximación simplificada, es útil echar un vistazo a las diferentes categorías de factores que impulsan la innovación y la difusión y a las diferentes barreras que dificultan la explotación de la nueva tecnología ambiental. Obviamente, la sofisticación del modelo subyacente para entender las barreras y los factores que impulsan la innovación ambiental aumenta cuando pasamos de una tecnología “al final del proceso” a innovaciones de sistemas a través de tecnologías de procesos integrados.

En términos generales, las empresas europeas consideran beneficiosas las innovaciones ambientales. En un estudio sobre el impacto que tendría la producción limpia en el empleo en Europa, podría demostrarse esto a partir de diferentes tipos de innovaciones beneficiosas para el medio ambiente.

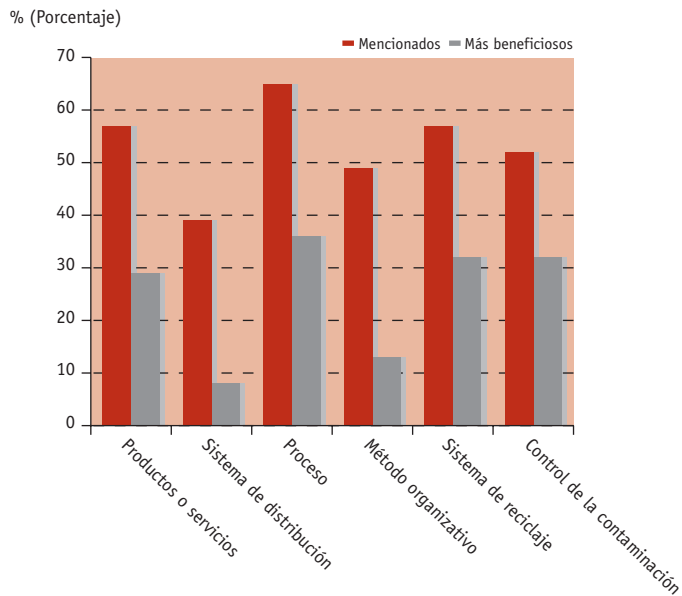


FIGURA 7 *La adopción de diferentes tipos de innovaciones beneficiosas para el medio ambiente*

Fuente: Estudio IMPRESS de 1.594 empresas en cinco países europeos (DE, CH, IT, UK, NL) citados por Kemp *et al.* (2004).

4.1 Barreras y factores que impulsan las innovaciones y las Tecnologías Ambientales

A pesar de esta buena voluntad generalizada para adoptar Tecnologías Ambientales, existen muchas barreras para lograr su aceptación. Por otra parte, los desarrollos futuros en tecnología ambiental e innovación estarán determinados principalmente por factores tecnológicos y normativos. Estos factores, que tendrán influencia en el futuro desarrollo y aceptación de las innovaciones y de las Tecnologías Ambientales, pueden diferenciarse según las siguientes categorías¹⁹: tecnológica, financiera, relacionada con la mano de obra, de gestión, de organización, reguladora y política, relacionada con el usuario, relacionada con el productor y sistemática. A continuación se proporcionará una valoración de la importancia de estos factores y estas barreras en Europa:

1. Factores tecnológicos

- La disponibilidad de tecnologías para cumplir con requisitos de aplicación específica no parece ser un problema de primera índole en Europa. No obstante, en algunas áreas faltan todavía sustancias alternativas que sustituyan algunos componentes peligrosos (p. ej. plomo, mercurio, etc.)
- Es probable que las oportunidades más importantes aparezcan a raíz de los desarrollos en la industria de uso general (materiales, nanotecnología, biotecnología, TICs) pero estas oportunidades están sujetas a importantes incertidumbres.
- El cumplimiento de criterios de rendimiento tecnológico, conforme a ciertos requisitos económicos y estándares de diseño de procesos, todavía representa una barrera tecnológica crucial, a veces debido a la falta de estándares y de pruebas armonizadas.
- La creciente sofisticación y complejidad inherente a los sistemas de producción-consumo integrados plantea una barrera para la mejora de las características ambientales.
- En Europa existe un escepticismo generalizado acerca del rendimiento de ciertas Tecnologías Ambientales y por lo tanto, una cierta reticencia a la hora de invertir. Esto se debe, por una parte, a la reticencia general para invertir en nuevas tecnologías y por otra, al intento de evitar engaños.
- Las inflexibilidades de los procesos y los modos de superarlos son temas que se tratan en algunos sectores (p. ej. la pulpa y el papel) pero están siendo progresivamente corregidos por medio de un nuevo control del proceso.

¹⁹ Basado en, y siguiendo la trayectoria del trabajo de Ashford (1993), Kemp *et al.* (2004) y las continuaciones hechas por Rennings *et al.* (2003).

2. Factores financieros

- Los costes de la investigación y el desarrollo de las Tecnologías Ambientales son significativos y demasiado altos, sobre todo para las PYMEs.
- Adaptar los costes a los nuevos procesos ambientales más respetuosos con el medio ambiente puede salir caro, en concreto, debido a la incertidumbre sobre la aceptación del consumidor y la percepción de la calidad del producto.
- Los cálculos de los costes y los análisis de coste-beneficio a menudo no son lo suficientemente exhaustivos y omiten importantes elementos de costes y beneficios (p. ej. en lo referente a los costes de las operaciones enmascaradas de las tecnologías actuales). Esto puede aplicarse a nivel empresarial y también a una escala macroeconómica. CBA tan sólo proporciona una ayuda parcial, ya que pretende reducir las múltiples dimensiones de coste a una sola dimensión.
- La falta de entendimiento y la dificultad para predecir costes futuros de manera fiable (p. ej. en relación con la eliminación de residuos) es un problema más patente en los EEUU que en Europa.
- Los requisitos de rentabilidad a corto plazo tienen como resultado una baja tolerancia con respecto a períodos más largos de compensación por las inversiones en la maquinaria. Esto se está convirtiendo en un tema primordial en Europa donde la demanda de rentabilidad es cada vez más estricta.
- Cuando otras empresas invierten menos en tecnología ambiental, algunas industrias dedicadas a la exportación temen una supuesta desventaja en la competitividad, también sucede esto en el contexto del intercambio de emisiones relacionado con Kyoto.
- Las empresas están comprometidas de manera financiera (e incluso técnica) debido a inversiones recientes en otras tecnologías que son el núcleo de sus actividades principales y carecen de medios financieros.
- En muchos países europeos, la falta de flexibilidad para la inversión del capital en el ámbito de las Tecnologías Ambientales se debe a un margen bajo de beneficio.
- Las tendencias de capital arriesgado suelen ser escasas en los países europeos, y lo son incluso más cuando se trata de la inversión en las Tecnologías Ambientales.
- Las economías de escala impiden que las pequeñas empresas inviertan en las Tecnologías Ambientales (p. ej. en las tecnologías de recuperación interna).
- La inversión en modificaciones del procesamiento puede resultar inefectiva para las empresas antiguas; esto es un tema inherente en muchas empresas con importante inversión capital (p. ej. el suministro de energía, la industria de la pulpa y el papel).

3. Factores relacionados con la mano de obra

- Falta de personal encargado de la gestión, el control y la aplicación de la gestión ambiental (y de otros factores relacionados) de la tecnología. Este tema tiende a

perder importancia en la actualidad ya que cada vez más empresas, sobre todo las grandes, han establecido sistemas de gestión ambiental y definido sus responsabilidades correspondientes.

- Falta de conocimientos y competencias, p. ej. para el diseño y la gestión ambientales.
- Falta de formación especializada y educación secundaria y superior para prepararse en el ámbito del desarrollo y operación de la tecnología ambiental.
- Reticencia a emplear ingenieros con formación capaces de desarrollar y diseñar tecnologías acordes con los principios de diseño ambientales.
- Mayores requisitos de gestión como resultado de la aplicación de Tecnologías Ambientales más sofisticadas.

4. Factores de organización y gestión

- La falta de compromiso de gestión a un alto nivel todavía es un importante problema en muchas empresas, también en las grandes. De hecho, las consideraciones ambientales continúan siendo un factor de segundo orden para la mayoría de ellas. Al mismo tiempo, el papel de la gestión a alto nivel es clave para conseguir un cambio hacia las Tecnologías Ambientales a nivel empresarial.
- La falta de conocimiento y concienciación sobre el potencial de las Tecnologías Ambientales todavía es una barrera esencial para el avance de estas Tecnologías.
- La falta de cooperación en el ámbito de la ingeniería para acabar con la separación jerárquica de las áreas de responsabilidad (p. ej. los ingenieros de producción no cooperan con los ingenieros ambientales encargados de la producción y eliminación de sustancias peligrosas). Este es un factor muy importante en Europa, donde las barreras corporativas y financieras suelen ser numerosas.
- La oposición y reticencia iniciales para introducir cambios en la empresa.
- La falta de educación, formación y motivación de los empleados para tomarse en serio los temas ambientales y la gestión (p. ej. en métodos adecuados de gestión interna o en la operación y mantenimiento de tecnologías de recuperación).
- La falta de supervisores competentes capaces de instruir y guiar a los empleados.

5. Factores reguladores y políticos

- La depreciación y los reglamentos de impuestos no representan un gran impedimento para las Tecnologías Ambientales pero podrían emplearse para impulsar su puesta en marcha.
- La incertidumbre acerca de las futuras normativas y objetivos ambientales contribuye a retrasar la inversión en las Tecnologías Ambientales. Esto se considera un tema fundamental en Europa, a pesar de algunas prácticas conocidas y favorables (p. ej. la normativa RAEE de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos).

- Los enfoques reguladores del cumplimiento y la coordinación de los estándares normativos pueden tener más resultados en la inversión en tecnologías “al final del proceso” convencionales que en tecnologías de procesos integrados²⁰.
- Las subvenciones para las Tecnologías no-Ambientales (p. ej. tecnologías de energía convencional, carbón) impiden la transparencia de los costes sociales reales y dificultan la innovación y difusión de las Tecnologías Ambientales. Este es un punto muy importante en varios sectores industriales de Europa.
- La asunción de los costes externos de las tecnologías contaminantes en el ámbito interno es todavía insuficiente, pero podría convertirse en un gran impulso con el uso extendido de los instrumentos basados en el mercado (p. ej. peajes, intercambio de emisiones, etc.)
- La atención insuficiente a las consideraciones ambientales en las políticas públicas de abastecimiento.
- Las diferencias entre las normativas ambientales de países y regiones impide el establecimiento de un mercado europeo común de Tecnologías Ambientales.

6. Factores relacionados con el usuario

- Los productos estrictos impiden el uso de soluciones respetuosas con el medio ambiente en mayor medida que los requisitos de rendimiento (p. ej. para fines militares).
- El peligro de perder al cliente si las propiedades finales cambian ligeramente o si el producto no puede comercializarse durante algún período de tiempo.
- Los servicios y productos ambientales requieren una actitud y un comportamiento diferente por parte de los usuarios.
- Falta de voluntad para aceptar los cambios necesarios en el comportamiento (p. ej. reciclaje, movilidad, etc.).

7. Factores relacionados con los proveedores

- Falta de apoyo en el suministro, en términos de publicidad del producto, buen servicio de mantenimiento, avanzada experiencia en ajustes de proceso, etc.
- Avance hacia el servicio en lugar de la distribución del producto, lo que requiere nuevos conceptos de organización y de negocios para los proveedores.
- Recursos renovables disponibles de manera intermitente (estacional, diaria, etc) que necesitan ser distribuidos de manera continua.

²⁰ Sobre la importancia de las estrategias temporales en la política medioambiental y tecnológica, ver Sartorius/Zundel (2004).

8. Factores sistemáticos

- La falta de cooperación entre los usuarios y los proveedores debido a intereses organizativos conflictivos podría superarse por medio del establecimiento de organizaciones interfaz.
- Las tasas de interés están siendo cada vez más importantes en los complejos sistemas de producción y consumo, otorgando prioridad a asuntos de temporización para la innovación y la política (“ventana de oportunidades”).
- Los problemas de coordinación para asegurar la realización de las estrategias transitorias colectivas a largo plazo, plantean nuevos retos para gobernar y hacer política, sobre todo para la coordinación política vertical y horizontal.

Estos factores de influencia pueden servir para introducir modificaciones en la mayoría de las innovaciones y Tecnologías Ambientales descritas en capítulos anteriores de este informe. La mayoría de estos factores también pueden ser interpretados como barreras pero también como una fuerza motriz que podría tener un efecto estimulador en las Tecnologías Ambientales si se perfilan de un modo apropiado. Las normativas ambientales, por ejemplo, han impulsado claramente la innovación y la competitividad de muchos factores.

También existen importantes diferencias entre los Estados miembros con respecto al papel y la importancia de estas barreras. Por ejemplo, un estudio comparativo mostró que las barreras financieras se consideraban más importantes en Alemania que en el Reino Unido (Hitchens *et al.* 2003, citado por Kemp *et al.* (2004), p.25). Sin embargo, el marco general esbozado en el Plan de Acción de Tecnologías Ambientales (CE 2004) trata varios de los factores citados anteriormente.

4.2 El papel de la política: desde los instrumentos políticos ambientales a las estrategias integradas

La política europea ha sido una de las principales impulsoras de la innovación ambiental, con alrededor de 4/5 políticas ambientales en el MS derivadas de las normas y directivas de la UE (RIVM 2004, p.13). Mientras las normativas eran el enfoque preferido en el pasado, en los últimos años hemos visto un cambio hacia los **instrumentos basados en el mercado, acuerdos voluntarios y establecimiento de objetivos**. En la actualidad, cada vez se reconoce más que un amplio espectro de políticas influencia las innovaciones y Tecnologías Ambientales. Por lo tanto, se han llevado a cabo esfuerzos en algunos Estados miembros para coordinar diferentes áreas políticas con el objetivo de que los diferentes impulsos sean coherentes. Esto concierne en particular a la interacción entre la política de innovación y la ambiental (Rennings *et al.* 2003). Finalmente, podemos observar como algunos países pioneros están comenzando a aplicar estrategias integradas y a largo plazo.

<i>Normativa directa</i>	<i>Instrumentos económicos</i>	<i>Responsabilidad del productor</i>
Productos estándares	Tasas de contaminación	Provisión de la información
Acuerdo pre-comercial	Precio productos	Acuerdos
Productos prohibidos	Intercambio de emisiones	Acuerdos tecnológicos
Estándares de interpretación de procesos	Subsidios ambientales	Creación de redes (vínculos)
Especificaciones tecnológicas	Sistemas de depósito y reembolso	Gestión ambiental y sistemas de auditoría (EMAS)
Requisitos de gestión ambiental	Responsabilidad del fabricante	Etiquetas ambientales
Requisitos compensatorios	Responsabilidad ambiental	Marketing ambiental

TABLA 3 *Panorama sobre los instrumentos políticos ambientales.*

Fuente: Kemp (1997), citado de Kemp *et al.* (2004).

La tabla 3 proporciona una visión general del conjunto de los instrumentos políticos ambientales clásicos que se han ido perfeccionando en las dos últimas décadas, Varios estudios han intentado valorar el impacto de cada uno de ellos en la innovación ambiental en sectores concretos, pero la información disponible sobre estos impactos es todavía bastante genérica y ofrece conclusiones limitadas.

Mientras los instrumentos políticos ambientales han tendido a ocuparse del ámbito de la demanda de la innovación, la tecnología y los instrumentos políticos de innovación se han utilizado para estimular el ámbito del suministro. Los impulsos de la política de innovación y la tecnología por una parte y de la política ambiental por otra, a menudo

han sido contradictorios. De modo similar, en los países europeos se han implantado programas de tecnología ambiental (consultar el capítulo dos) con el fin de promover la tecnología y el desarrollo, y la política de innovación ha tendido a mejorar las condiciones marco para la innovación, aún así, sin a penas una atención específica a las innovaciones ambientales. Las Tecnologías Ambientales de reciente aparición no conseguían adentrarse en el mercado debido a que no saben a qué normativas atenerse (por ejemplo, las fábricas que combinan calor y energía). Se ha reconocido que **se deben explotar los efectos sinérgicos entre los diferentes instrumentos políticos** para promover la efectividad de las tecnologías ambientales.

Sin embargo, las contradicciones entre las políticas no están restringidas al ámbito de los instrumentos sino que afectan del mismo modo al ámbito de las estrategias. Esto puede ejemplificarse de nuevo si observamos las contradicciones entre la política de innovación y de tecnología por una parte, y la política ambiental por otra (Remoe 2005). Para crear perspectivas estables a largo plazo para las empresas innovadoras, son especialmente importantes las estrategias políticas coordinadas para las innovaciones. Como consecuencia, cada vez se percibe una **mejor coordinación entre las políticas**, partiendo desde el punto de vista de los instrumentos individuales hacia estrategias bien afinadas para incluir las combinaciones adaptables de los instrumentos (Rennings *et al.* 2003).

No obstante, la coordinación en relación con la innovación de sistemas no es tan sólo una cuestión de coordinar mejor las políticas; también requiere alinear, o al menos conseguir que sean coherentes las estrategias individuales de la variedad de actores industriales, investigadores, políticos y sociales que contribuyan a dar forma a las Tecnologías Ambientales y a las innovaciones, sobre todo cuando estas están enfocadas hacia objetivos a largo plazo que no pueden alcanzarse fácilmente a través de los mecanismos de mercado. Otros mecanismos tales como el establecimiento de redes y la construcción de visión compartida y previsión, son necesarios como “aparatos de coordinación” del desarrollo de la estrategia colectiva para llevar a cabo innovaciones de sistemas en la sociedad. Obviamente, estos mecanismos de coordinación, poco estrictos, no entran en contradicción con políticas ambientales reguladoras, o basadas en el mercado o con otros instrumentos de la política tecnológica. Al contrario, lo que se pretende es incluir estas medidas específicas en un marco estratégico común. Es evidente que desde esta perspectiva, el papel de la política cambia, adopta funciones de moderación y supervisión al mismo tiempo que delega responsabilidades a otros actores y accionistas encargados de la aplicación.

Varios países europeos han adoptado esta perspectiva y llevaron a cabo intentos pioneros para desarrollar estrategias a largo plazo, habitualmente guiadas por el principio de la sostenibilidad. Se han probado dichos enfoques de política integrada, sobre todo en los Países Bajos, los países nórdicos y los Estados miembros de habla alemana. Dos de estos enfoques avanzados ha adquirido cierta prominencia bajo los títulos de Gestión de Transición y Mercados Líderes.

- El enfoque de **gestión de transición** se ha desarrollado en los Países Bajos y actualmente está aplicándose en ciertos dominios, principalmente relacionados con las infraestructuras (gestión del agua, energía) pero también con los sistemas de producción (químicos). La aplicación inicial de la política sucedió durante el 4º Plan Holandés para el Medio ambiente. La gestión de transición es un enfoque orientado en los sistemas que se basa en experiencias pasadas con procesos de transición (por ejemplo, de los caballos a los coches, del carbón al gas, de los combustibles fósiles a los combustibles renovables, etc.) y pretende lograr cambios de trayectoria a largo plazo (p. ej. en 30 o 50 años). Las transiciones se entienden como fenómenos que se producen en múltiples ámbitos y engloban los nuevos mercados especializados de las tecnologías emergentes así como regímenes socio-técnicos más amplios y cambios importantes en el ámbito sociocultural. Como consecuencia, la gestión de la transición pretende inducir cambios en ámbitos diferentes de manera simultánea, por ejemplo, iniciando experimentos tecnológicos en los mercados especializados, por medio del cambio de los marcos políticos, institucionales y reguladores o a través de la creación de nuevas redes de colaboración, y del desarrollo de visiones orientativas que sirvan de guía para los actores involucrados en las transiciones. La gestión de la transición es por lo tanto un enfoque que se aleja de la dirección centralizada y que pretende crear procesos de aprendizaje que incluyan múltiples actores de la sociedad en diversos ámbitos.
- Se ha desarrollado un enfoque político diferente bajo el título de **mercados de dirección** (Beise/Rennings 2003). Se basa en la observación de que algunas industrias de los países europeos han creado una tendencia que más tarde sería adoptada por muchos otros países europeos y así hicieron que estas empresas pioneras pudiesen desarrollar una ventaja competitiva en los mercados crecientes de Tecnologías Ambientales. Algunos ejemplos, son la turbina de aire en Dinamarca, o los sistemas combinados de energía y calor a baja escala. La razón que se encontraba detrás de la aparición de estas industrias competitivas para las Tecnologías Ambientales era un marco político propicio que, por ejemplo, estimuló la investigación y el desarrollo, tanto en el ámbito de la oferta como en el de la demanda, por medio de normativas o incentivos financieros. Posteriormente, se introdujeron normativas e incentivos similares en otros países, cuando las industrias y las tecnologías ya se habían desarrollado en los países pioneros. Esto demuestra, ante todo, que una política proactiva y afinada puede ser favorable para la aparición de una industria competitiva para las Tecnologías Ambientales, si existe una fuerte competencia en las áreas tecnológicas respectivas y si el mercado interior es fuerte.

4.3 Cuestiones transversales

En este capítulo, se ha discutido sobre el cambio producido desde las perspectivas que consideraban únicamente los instrumentos en la política hacia unas estrategias políticas más amplias y mejor combinadas que implicaban diversos ámbitos y actores. Esto está en la misma línea que el cambio de las tecnologías “al final del proceso” y las tecnologías de los procesos integrados a los productos-servicio ecológicos y las innovaciones de sistema.

El uso de las estrategias e instrumentos políticos depende en cierta medida de **los regímenes políticos y de los estilos de la política nacional**. Habitualmente, los regímenes políticos se distinguen atendiendo a dos dimensiones principales: la calidad de diálogo y la independencia de gobierno. Dinamarca, Japón, y los Países Bajos, son países con un alto ranking en ambas dimensiones y consiguen responder de manera bastante exitosa a los retos ambientales por medio de políticas avanzadas. La cuestión de los estilos políticos es importante para evaluar la aplicabilidad de enfoques tales como la gestión de transición, porque suele requerir un clima político bastante cooperativo para tener éxito. La transferencia de las experiencias de países y sectores individuales debe, por tanto, realizarse con gran precaución.

Quizás de un modo más evidente en el caso de los servicios y productos ecológicos, **las nuevas competencias** son necesarias para llevar a cabo las innovaciones ambientales. Esto implica, por ejemplo, la aplicación de nuevos principios de diseño para los productos ecológicos, pero también nuevas herramientas para realizar los análisis del ciclo de vida. Estos temas ya deben ser tratados en el contexto de la educación y la formación, tanto en el ámbito universitario como en el de la formación profesional.

Finalmente, todavía no se ha debatido en detalle la dimensión temporal, a pesar de que las **estrategias temporales apropiadas** sean cruciales para estimular las innovaciones de sistemas. Las experiencias pasadas nos han enseñado que a menudo, tan sólo hay “ventanas de oportunidades” para establecer una nueva trayectoria tecnológica importante (Sartorius/Zundel 2004), por ejemplo, después de una reforma estructural importante como la liberalización del sistema de abastecimiento de energía. Las iniciativas políticas que se adaptan a estas ventanas de oportunidades tienen más posibilidades de conseguir el impacto deseado.

CAPÍTULO 5

Un análisis DAFO sobre investigación e innovación

La importancia de las tecnologías ambientales se deriva de la doble función que se supone que juegan en nuestra sociedad. En primer lugar, deben contribuir a limitar o restringir el daño potencial al ambiente producido por la actividad humana. En segundo lugar, se espera que las tecnologías ambientales ayuden a fomentar la participación de nuestras empresas contribuyendo a mejorar la competitividad de la industria y la capacidad para innovar. Esto es en ambos aspectos la idea que se necesita interpretar, teniendo en cuenta las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO). Sin embargo, la capacidad para explotar el potencial de las tecnologías ambientales depende de la capacidad de nuestra sociedad para innovar y adoptar esas tecnologías.

Este análisis DAFO se refiere a la situación de investigar e innovar en el campo de las tecnologías ambientales, cubriendo las cinco áreas de las tecnologías discutidas en este informe. Las debilidades y fortalezas deben referirse a la actual situación en investigación e innovación en Europa, y también comparable a nivel mundial. Las oportunidades y amenazas se refieren principalmente a los desarrollos emergentes en el contexto de la investigación e innovación sobre tecnologías ambientales, p. ej. desarrollos que pueden fomentar o esconder el desarrollo y los resultados de las tecnologías ambientales. La clave de los desarrollos tecnológicos en áreas fuera del rango de lo que se considera como tecnologías ambientales se consideran también como oportunidades de futuro.

5.1 Fortalezas en investigación e innovación

- Europa tiene una **competencia científica** reconocida en investigación ambiental, así como en investigación sobre el impacto del comportamiento socioeconómico en el medio ambiente.
- En algunas partes importantes de las **tecnologías de uso general** (por ejemplo, sensores miniaturizados, nuevos materiales, algunas partes de la nanotecnología), la investigación y el desarrollo europeo son los más importantes del mundo.
- En muchos campos de las **Tecnologías Ambientales sectoriales**, las empresas europeas son líderes mundiales en los desarrollos tecnológicos, prosiguiendo con casi treinta años de experiencia.
- A pesar de que el escenario pueda variar en los distintos Estados miembros, las **empresas suelen ser activas** al establecer planes de gestión y vigilancia ambiental.

5.2 Debilidades en investigación y desarrollo

- A pesar de las cualidades de la investigación europea en algunas tecnologías genéricas, en otro tipo de tecnologías tiene que enfrentarse a importantes dificultades. Sobre todo **en algunos campos de las TIC y la nanotecnología, otras regiones del mundo le llevan ventaja**. En la biotecnología, los debates acerca de sus posibles impactos negativos han contribuido, sin lugar a dudas, a que el centro de gravedad de este campo de investigación se sitúe en los EEUU y en Asia.
- En relación con los **productos ecológicos, el diseño ecológico y los productos-servicio respetuosos con el medio ambiente**, Europa debe estar al frente de los desarrollos mundiales, pero es cierto que todavía queda mucho por hacer en este campo.
- La investigación sobre las **interacciones y el metabolismo entre los sistemas naturales y sociales** todavía necesita avances más significativos antes de que se pueda establecer como el nuevo paradigma orientativo para hacer política. Los enfoques analíticos, así como de gestión, basados en la comprensión de la investigación de sistemas complejos, deberán adaptarse a los requisitos de la gestión y la política.
- En Europa, muchas empresas todavía **no son lo suficientemente innovadoras** en relación con las Tecnologías Ambientales y se están quedando atrás en la actividad ambiental. Estas empresas necesitan ser más proactivas en el medio ambiente, un desarrollo que suele requerir un cambio de perspectiva.
- Al final, la investigación y la tecnología no parecen ser los principales obstáculos para la innovación ambiental sino, más bien, **la introducción y difusión de estas innovaciones**.
- Esto afecta, en particular, al tipo de innovaciones que más se necesitan en el futuro, p. ej. lo que se ha denominado **“innovaciones de sistemas”**. A pesar de que se pueda disponer de numerosas soluciones técnicas o por lo menos se puedan concebir, todavía se carece de estrategias para su respuesta integrada.
- En los últimos años, se han introducido aspectos sobre la gestión ambiental en los programas de **educación y la formación**, sobre todo en las universidades. Sin embargo, el **diseño ambiental** y los temas relacionados con las estrategias ambientales a largo plazo todavía no están suficientemente establecidos en los currículos educativos.

5.3 Oportunidades dentro del contexto

- Existen muchos tipos de **Tecnologías Ambientales sectoriales** que no cesan de desarrollarse y mejorarse y que ofrecen una amplia gama de nuevas oportunidades tecnológicas. Entre estas Tecnologías Ambientales sectoriales, hay, obviamente, un cierto número de “grandes asuntos” que se espera que tengan un impacto fundamental en los próximos años. A modo de ejemplo, puede citarse la tecnología de las pilas de combustible, que ofrece grandes promesas para aplicaciones tanto móviles como fijas, a pequeña y gran escala.
- Se esperan nuevos impulsos importantes para las Tecnologías Ambientales a partir de las **tecnologías genéricas** (nuevos materiales, biotecnología/ciencias de la vida, nanotecnología o TIC). Las Tecnologías Ambientales suelen nutrirse de los conocimientos más fundamentales de estas áreas genéricas o multidisciplinarias de la investigación y la tecnología. Como se resalta en el proyecto financiado por la UE “El futuro de la Producción”, estas áreas ofrecen oportunidades fundamentales para ensalzar las características ambientales de los procesos de producción y de los productos.
- Mientras que la primera generación de Tecnologías Ambientales se ha centrado en los procesos de producción, ahora nos encontramos en una fase en la que los **productos y servicios ecológicos y su diseño** permanecen en primer plano. Esto requiere, obviamente, el uso de las mejores tecnologías de producción disponibles, pero también se necesitan nuevos principios de diseño para, por ejemplo, facilitar el reciclaje o la mejora progresiva de los productos. Ser capaces de **controlar la cadena de producción al completo**, de principio a fin, es imprescindible para asegurar las características “ecológicas” de los productos y de los productos-servicio.
- Mientras que las cadenas de producción individuales pueden seguir unidas a las empresas o redes individuales, todavía tenemos que considerar un tercer nivel en lo que llamamos **sistemas de innovación**. Si efectivamente, se necesita realizar un cambio importante de la eficiencia, por un factor 10, en las próximas décadas, o un cambio hacia un metabolismo más consistente entre la naturaleza y la sociedad, entonces se necesitarán transiciones muy elementales hacia un sistema de producción sostenible que requerirán el uso de nuevas soluciones tecnológicas pero también supondrán cambios significativos en el comportamiento del usuario, en la organización de nuestras actividades industriales y en la estructura de nuestro paisaje económico. Para aprovechar estas oportunidades, el principal reto consiste en concebir propuestas para gestionar estas transiciones como un fenómeno colectivo, involucrando un amplio rango de actores sociales y accionistas. Esto requerirá que los sistemas alternativos sean un tema central en los debates políticos y más allá de los productos ecológicos y las nuevas tecnologías, como es todavía el caso del ETAPxi.

- Europa ha establecido sistemas muy **sofisticados de normativas ambientales**. A algunos, este sistema les puede parecer complicado, pero también se pueden identificar varias “nuevas prácticas”. No cabe duda de que ha sido muy efectivo para mejorar la calidad ambiental así como para estimular la aparición de un sector muy competitivo de Tecnologías Ambientales en Europa. La actualización del marco normativo de un modo adecuado puede continuar estimulando la innovación ambiental.
- Los **consumidores y usuarios europeos son muy sensibles y competentes** con respecto a los temas ambientales, y por lo tanto, son fundamentales a la hora de impulsar el establecimiento y consolidación de las Tecnologías Ambientales en Europa. Sus cualidades fundamentales son importantes para asegurar el desarrollo y la aceptación generalizada de las tecnologías “robustas” en la sociedad.
- Hoy en día, son muchos los que defienden la percepción de que “a pesar de que existen relativamente pocas pruebas empíricas para apoyar la hipótesis de que las normativas ambientales han tenido un efecto muy negativo en la competitividad, se sigue manteniendo esta afirmación evasiva”. (Jaffe *et al.* 1995). Este **cambio en la mentalidad** de la toma de decisiones aumenta la posibilidad de superar la compensación a menudo asumida entre el medio ambiente y la economía por medio de la introducción de marcos políticos innovadores. Las tecnologías ambientales son vistas, cada vez más, como una necesidad que ofrece beneficios importantes en términos económicos, ambientales y en relación con los usuarios y la sociedad siempre que se apliquen de forma inteligente nuestros conocimientos científicos y de cualquier otro ámbito para introducir la innovación.

5.4 Amenazas dentro del contexto

- Europa podría quedarse **atrasada en las tecnologías genéricas**, simplemente porque otras regiones del mundo son menos restrictivas y más rápidas a la hora de desarrollar y adoptar nuevas tecnologías genéricas (en particular, nanotecnologías y biotecnologías). Esto podría tener efectos negativos no sólo para la posición competitiva de Europa en general sino también con respecto a su rendimiento en el campo de las Tecnologías Ambientales.
- Las **condiciones para invertir en Tecnologías Ambientales** en Europa suelen ser bastante perjudiciales. Se puede observar una falta de voluntad generalizada para invertir en nuevas tecnologías arriesgadas e inciertas. Unos criterios de inversión rigurosos pueden hacer que la inversión a largo plazo en Tecnologías Ambientales sea inviable, situación que puede agravarse debido a las incertidumbres sobre los marcos normativos y los objetivos políticos.
- A pesar de su indudable éxito en Europa, **las normativas ambientales se perciben normalmente como algo engorroso, complicado y costoso**. A esto se le añade la diversidad de los sistemas normativos en los diferentes Estados miembros.
- Hay una clara **falta de transparencia con respecto a la asignación del auténtico coste social de las tecnologías** para el agente contaminante. Salvo algunas excepciones, todavía no se han interiorizado los costes externos por medio de instrumentos basados en el mercado, ni hay subsidios (escondidos) para que se eliminen las tecnologías contaminantes. Obviamente, cambiar el marco actual podría ser una oportunidad importante para impulsar la introducción de Tecnologías Ambientales.
- **Los patrones normativos y de organización en algunos sectores** (p. ej. en el suministro de la energía) no suelen ser muy propicios para la introducción de las Tecnologías Ambientales.
- Durante mucho tiempo, el debate sobre las Tecnologías Ambientales ha estado dominado por **la compensación entre, por un lado, la competitividad, y por otro, las inversiones en el rendimiento ambiental**. Este argumento, aunque al menos parcialmente injustificado, podría continuar desempeñando un papel significativo en los debates políticos, y existe el riesgo de que esta perspectiva excesivamente simplificada conduzca a políticas inapropiadas.
- Tanto en relación con la amplia gama de **Tecnologías Ambientales sectoriales y tecnologías genéricas**, todavía nos falta mucho para comprender realmente los impactos de estas tecnologías en el medio ambiente, por no hablar de las

interdependencias de segundo orden que están en juego a largo plazo entre el uso de estas tecnologías por una parte y los cambios que esto podría conllevar para los sistemas ecológicos. Los actuales métodos científicos todavía no pueden captar la **complejidad de las interacciones**, a modo de ejemplo, podemos citar la modelización climática y el desarrollo de las estrategias de reducción/adaptación. La aparición de efectos inesperados e impactos inciertos de nuevos campos emergentes de la ciencia y tecnología son un fenómeno recurrente que (si no se toman en serio) pueden llevar a un alto grado de escepticismo (habitualmente justificado).

- Todavía se presta mucha atención a la dimensión tecnológica de innovación ambiental, p. ej. a las **soluciones técnicas** para problemas profundamente arraigados. Los productos ecológicos y otras nuevas tecnologías específicas son ciertamente importantes, pero si se presta poca atención al desarrollo de sistemas alternativos (socio-técnicos) es poco probable que se pueda abordar el reto ambiental de un modo que sea también económicamente viable. Esta falta de orientación de los sistemas también se puede observar en las recientes iniciativas políticas como el ETAP.
- El paso de los procesos limpios a los productos limpios también ha provocado que la atención que se prestaba a soluciones tecnológicas aisladas se centre ahora en el reconocimiento de que los impactos y beneficios de las Tecnologías Ambientales dependen en gran medida en su **integración organizativa** en diferentes niveles. A pesar de que es probable que haya varios principios y propuestas en el ámbito empresarial que en muchos casos hayan demostrado ser beneficiosos, su adopción generalizada todavía tiene que hacer frente a muchos obstáculos. Aún más difícil es la creación de estructuras organizativas en los sectores, cadenas de suministro o regiones (p. ej. ecología industrial) que ayuden a reducir los impactos ambientales. Sin embargo, si estos temas organizativos no se afrontan con éxito, no se podrán obtener muchos de los beneficios de las Tecnologías Ambientales.
- Obviamente, existen diferentes obstáculos para el **desarrollo y la adopción de Tecnologías Ambientales**. Muchos de estos obstáculos se encuentran en niveles específicos y están relacionados con el coste que supone el desarrollo de las tecnologías individuales, con normativas específicas en los sectores o con las prácticas de uso establecidas de los usuarios finales o intermediarios. Más problemáticos son los que llamamos **obstáculos sistemáticos y dependencias de trayectoria**. Las estructuras organizativas suelen ser rígidas, así como la mentalidad de aquellos que las desarrollan. Estos son los obstáculos más complicados pero también los más decisivos para impulsar el desarrollo de productos y servicios ecológicos y también de innovaciones de sistemas de más amplio alcance.

- Las estrategias a largo plazo para el establecimiento de sistemas de innovación que estén alineados con el principio de sostenibilidad (ambiental), requieren estrategias colectivas adecuadas que necesitan estar guiadas por **procesos políticos y políticas coordinadas**. El comportamiento coordinado de un amplio sector de actores en la sociedad es y será crucial para lograr los objetivos a largo plazo asociados con las Tecnologías Ambientales.

CAPÍTULO 6

Conclusiones: Hacia una nueva agenda de investigación

6.1 Perspectivas para las Tecnologías Ambientales en Europa

El análisis llevado a cabo en este documento ha enfatizado la necesidad de ir más allá de la integración y optimización de los sistemas y de inducir transiciones hacia las tecnologías e innovaciones de sistemas ambientales. Tal trayectoria promete reconciliar la economía con los elementos ambientales imprescindibles para el futuro, pero requiere estrategias a largo plazo coordinadas. La posibilidad y la configuración de tales transiciones dependen de los desarrollos contextuales que pueden ser recogidos por diferentes perspectivas futuras. Se pueden esbozar tres de estas perspectivas que representan el diferente contexto de la futura trayectoria de la investigación en Tecnologías Ambientales en Europa:

- **Europa como el mercado líder para las innovaciones:** Europa está adquiriendo el liderazgo mundial en el avance de las tecnologías Ambientales y en particular, en la puesta en marcha de estrategias a largo plazo para los sistemas de innovación. El potencial de las nuevas tecnologías ambientales apoya y posibilita estos desarrollos que están guiados por el principio de la consistencia del metabolismo. Europa enfatiza la aplicación de las Tecnologías Ambientales más avanzadas, anticipándose y preparándose para los retos previsibles que supondrían la subida de los precios del petróleo y un cambio mundial. Esto requiere fuertes competencias, también en varias de las tecnologías de uso general que ofrecen un importante potencial ambiental. La liberación de este potencial ambiental requiere un diseño bien equilibrado y cuidadoso de los incentivos y condiciones marco para la investigación e innovación que ayuda a que la tecnología se vaya formando en una dirección favorable al medio ambiente, por ejemplo, ocupándose de los principales obstáculos para la innovación ambiental analizados en este documento. El liderazgo de Europa en las Tecnologías Ambientales puede requerir un cierto número de difíciles procesos de ajuste que serán necesarios para establecer los marcos organizativos y normativos, pero estos esfuerzos serán útiles para esbozar los futuros mercados y para evitar, por ejemplo, con respecto al cambio climático, los costes de corrección de daños ambientales.
- **El dominio del paradigma del crecimiento convencional:** Los viejos debates reaparecen cuando la innovación tecnológica se percibe como un coste, cuando se rechazan las normas y dominan los mercados liberales simplificados. Puede observarse una reacción excesiva con respecto a los temas ambientales como respuesta a la seria crisis económica en Europa. A pesar de los importantes esfuerzos para alcanzar los objetivos de Lisboa, el desempleo y el estancamiento económico sigue siendo un desafío para Europa. La creciente internacionalización de las industrias y servicios presiona a Europa para competir con los países asiáticos, donde la presión ambiental todavía no se percibe como un elemento suficientemente persuasivo como para inducir un abandono del paradigma clásico del crecimiento. A pesar de que el cambio demográfico podría aliviar la presión del desempleo en

Europa, la situación económica no permite hacer inversiones estratégicas en temas ambientales. A escala mundial, podemos observar un clima muy enfrentado en relación al acceso a los recursos vitales, sobre todo, el petróleo, el acero y otros metales no férricos. Esto aporta un aumento selectivo de la adopción de tecnologías de reciclaje avanzadas.

- **Gobierno mundial para la innovación ambiental:** los acuerdos internacionales ayudan a superar el debate convencional de la competitividad, las iniciativas de cambio mundial, los estándares mundiales, etc. Europa no destaca en comparación con otras importantes regiones industriales en el mundo. En la puesta en práctica del segundo acuerdo de Kyoto en 2011, los EEUU y China apoyan rotundamente un marco político coordinado a nivel mundial para prevenir el casi inevitable proceso del calentamiento global. A pesar de que los combustibles fósiles todavía no se han agotado, los precios han sobrepasado el umbral de 100 € el barril, una situación que requiere la aplicación de un régimen de eficiencia estricto y un cambio hacia los recursos energéticos alternativos. Sin embargo, la escasez de combustibles fósiles no conlleva conflictos importantes, sino más bien una búsqueda cooperativa de soluciones. No es improbable que las tecnologías a gran escala vean un renacimiento en esta perspectiva, ya que varias de ellas requieren una intensa cooperación internacional (p. ej. los campos solares en el Sahara, o el hidrógeno en Canadá).

Tanto la primera como la tercera propuesta abren la perspectiva para realizar un cambio efectivo hacia un camino de transición, si bien cada una refleja diferentes funciones para Europa. Mientras que en la primera propuesta Europa adopta el papel de modelo a seguir, la tercera propuesta se caracteriza por estrategias coordinadas a nivel mundial. La segunda propuesta indica que la presión mundial en la economía europea impide ejercer una estrategia coordinada a favor de las innovaciones y las Tecnologías Ambientales.

Las tres propuestas difieren de manera significativa en términos de patrones de gobierno para la gestión colectiva de las transiciones hacia las innovaciones de sistemas ambientales. Las soluciones más avanzadas (y exigentes) probablemente puedan encontrarse en la perspectiva del mercado líder, donde los actores europeos relativamente limitados podrían, al menos en principio, aceptar unirse a las estrategias a largo plazo. La experiencia que se tiene hasta el momento muestra que las estrategias aceptadas a escala mundial no tienden a ser particularmente exigentes en términos de los objetivos fijados pero requieren esfuerzos importantes incluso para ponerse de acuerdo en estándares mínimos comunes.

6.2 Dónde se encuentra Europa y hacia dónde necesita dirigirse

El análisis de este informe ha demostrado que Europa está bastante avanzada y bien situada en un amplio abanico de Tecnologías Ambientales. Para mantener esta posición, se necesitarán más esfuerzos para conseguir beneficiarse de los emergentes desarrollos tecnológicos y científicos, en particular en relación con las **tecnologías genéricas** y con respecto al diseño de **servicios y productos que no dañen el medio ambiente**. No obstante, **las tecnologías individuales, los productos y los servicios, no son suficientes**. Es necesario un cambio a largo plazo o una transición hacia los sistemas de producción-consumo sostenibles, dependiendo de lo que se ha denominado sistemas de innovación.

Es necesario que las innovaciones y las transiciones dependan de un **entendimiento nuevo y más sofisticado de los impactos ambientales**. Los modelos actuales suelen ser demasiado simplistas y no se ocupan de los efectos de primer orden y las interdependencias entre la sociedad y el medio ambiente. La investigación básica en estos temas será la clave para orientar mejor la toma de decisiones corporativa y la gestión. Este tipo de orientación también es necesaria con respecto a las diferentes actividades investigadoras en las tecnologías genéricas y sectoriales, así como para el desarrollo de los servicios y los productos. También es crucial para orientar las políticas del gobierno que se supone que deben desempeñar un papel moderador y de liderazgo con respecto a estas transiciones a largo plazo.

Teniendo en cuenta los desarrollos políticos a nivel europeo y nacional que se han tratado en este informe, es necesario destacar cuatro temas políticos relevantes que van más allá del dominio de la política tecnológica y de investigación:

- **La necesidad de estimular las innovaciones:** ya ha pasado el tiempo en el que las innovaciones incrementales específicas eran suficientes para avanzar de manera significativa en los rendimientos ambientales. Hoy en día, son precisos cambios más sofisticados. Las transformaciones a múltiples niveles y con múltiples actores, abarcando iniciativas locales así como marcos políticos a macro niveles, necesitan estimulación y mediación por medio de políticas, siguiendo modelos como la Gestión de la Transición en los Países Bajos. Son necesarias combinaciones bien diseñadas de condiciones marco (incentivos, normativas, instrumentos basados en el mercado) para las Tecnologías Ambientales, junto con intentos serios de eliminar los obstáculos institucionales y organizativos para la introducción de innovaciones ambientales.
- **La necesidad de coordinación política:** para introducir las innovaciones con éxito, se necesita una mejor coordinación de las políticas, p. ej. una mejora importante en la coherencia de las iniciativas políticas tomadas en diferentes ámbitos, pasando por la

política IDT y las normas ambientales hasta la política de competencia y el desarrollo de las infraestructuras. En particular, es necesario poner en práctica el objetivo de Cardiff para integrar las consideraciones ambientales de un modo efectivo en otras áreas políticas. Esto se aplica tanto en la división vertical del trabajo entre políticas europeas, nacionales y subnacionales, como en la coordinación horizontal entre las diferentes áreas políticas. El Método Abierto de Coordinación ya ha tenido bastante éxito en un cierto número de ámbitos políticos, facilitando el aprendizaje mutuo entre las políticas de los Estados miembros. Se están poniendo en marcha otros mecanismos de consulta y coordinación, como la red ERA u otros procesos previsibles.

- ***La necesidad de conseguir incentivos para el derecho de las tecnologías***

ambientales: los incentivos para que las empresas tengan realmente en cuenta las consideraciones ambientales en su toma de decisiones ya no son suficientes. Esto se debe, en parte, a la insuficiente internalización de los costes externos al medio ambiente, en parte, como resultado de la falta de información acerca de los potenciales de las tecnologías ambientales y sus prácticas de gestión. En ambos aspectos, se han tomado iniciativas tanto a escala nacional como europea. Para realizar este cambio tan significativo en los incentivos, será necesario un cambio en el pensamiento industrial y político, con el objetivo de aumentar la concienciación y la comprensión de los beneficios potenciales que podrían alcanzarse si las Tecnologías Ambientales se introducen y se emplean de un modo inteligente.

- ***La necesidad de la integración de los aspectos ambientales en el desarrollo de los productos, el diseño y la investigación:***

Tal y como se refleja en las iniciativas actuales (p. ej. la Política de Productos Integrada, el diseño ecológico, etc.), las normativas, que hasta ahora ha sido la vía más importante para inducir las innovaciones ambientales necesitan esfuerzos y apoyos que las complementen para traer la dimensión ambiental al ámbito del suministro de la tecnología. La modernización de la base de conocimientos y competencias es de importancia clave para el desarrollo de los productos y los diseños ambientales en Europa. Los currículos de educación y enseñanza también tienen un papel muy importante que desempeñar aquí. La política IDT y la política de productos ambientales pueden tener una función complementaria a este respecto.

6.3 Principios orientativos de una agenda de investigación para Tecnologías Ambientales

Independientemente de estas propuestas, las cinco líneas principales de desarrollos claves en las Tecnologías Ambientales esbozadas en el capítulo 3, posiblemente sean cruciales para el futuro, pero deben ser modeladas de manera diferente dependiendo de las condiciones marco en cada una de las propuestas. Sin duda, las cuatro áreas de tecnologías genéricas son esenciales para las trayectorias futuras de las Tecnologías Ambientales, incluso si la atención que han recibido hasta el momento sólo estaba parcialmente motivada por el interés ambiental. De manera similar, la investigación sobre la interacción entre la sociedad y el medio ambiente es de vital importancia para entender los principios sobre los cuales se asientan otras actividades de investigación y políticas. Aunque esté más orientada a la innovación que a la investigación, la gestión ambiental, de sistemas y recursos, también será un factor importante. Sin embargo, en algunas propuestas debe ponerse más énfasis en la dimensión política de la gestión de sistemas. Es posible que la investigación en el diseño y en el desarrollo de productos y servicios alcance un mayor grado de importancia, y esto es probable en cualquiera de las tres propuestas. La situación con respecto a las tecnologías ambientales sectoriales es muy heterogénea; en estos sectores, las respuestas tecnológicas que se vayan a dar están sujetas a unas condiciones marco específicas.

Debe hacerse una diferenciación importante con respecto a los horizontes temporales que se persiguen en las diferentes áreas de investigación. Mientras algunos temas están adaptados para proporcionar el conocimiento necesario para alcanzar las innovaciones a largo plazo y así conseguir unos sistemas de producción-consumo más respetuosos con el medio ambiente (“transición”), otros temas están más enfocados a asegurar un rendimiento competitivo de la economía y la industria europeas mientras que también mejoran su rendimiento ambiental tanto en las industrias tecnológicas ambientales como en otras áreas de actividad económica donde las Tecnologías Ambientales pueden desempeñar un papel importante.

Esto requiere **una agenda de investigación en dos direcciones para el futuro:**

- **Investigación para aumentar el rendimiento ambiental de la economía de Europa mientras que al mismo tiempo se refuerza su competitividad:** esta agenda es necesaria para asegurar el perfeccionamiento continuo de las tecnologías existentes en la actualidad. Esta agenda de investigación de corto a medio plazo tiene como primer objetivo doblar los beneficios en términos de competitividad por una parte, y por otra, en términos de rendimiento ambiental. Así, esta agenda enfatiza, ante todo, el avance continuo de las tecnologías sectoriales, genéricas y de recuperación. No obstante, la investigación en estas áreas debe estar guiada y

orientada por las agendas de transición a largo plazo. En segundo lugar, la eliminación de barreras tecnológicas, económicas y relacionadas con los usuarios para la adopción de las Tecnologías Ambientales debería complementar esta agenda de innovación e investigación. Esto requerirá un énfasis mayor en los proyectos piloto y de demostración. En tercer lugar, la gestión ambiental y de recursos y la implicación de las tecnologías ambientales en organizaciones todavía son temas que requieren un mayor desarrollo para conseguir que estos sistemas sean útiles y fáciles de aplicar, en particular, en las pequeñas y medianas empresas.

- **La investigación para fijar y posibilitar la transición a largo plazo hacia sistemas de producción-consumo más sostenibles:** Tal agenda de investigación a largo plazo es necesaria para posibilitar las innovaciones y fijar las correspondientes estrategias de transición a largo plazo. La agenda a largo plazo debería caracterizarse por un énfasis en el avance de nuevas perspectivas en las interdependencias entre los sistemas ecológico y social y por centrarse en las innovaciones. El potencial de los sistemas de innovación surge de cuatro fuentes principales. En primer lugar, deben darse pasos más importantes hacia el avance y el uso del pleno potencial de las áreas emergentes de las tecnologías genéricas para el medio ambiente. En este punto, se enfatiza la investigación de los avances fundamentales en las tecnologías genéricas. En segundo lugar, existen ciertos sistemas tecnológicos que tienen el potencial de cambiar varios sectores y de convertirse en un elemento clave en una transición socio-técnica (p. ej. las pilas de combustible o las placas solares). En tercer lugar, el establecimiento de nuevas prácticas de diseño y el desarrollo de nuevos tipos de productos-servicio también serán temas de investigación a largo plazo. En cuarto lugar, esta agenda de investigación a largo plazo también debería centrarse en temas de diseño institucional y estrategias políticas necesarias para guiar los procesos de transición a largo plazo.

Para que ambas agendas de investigación tengan éxito, pero sobre todo la que está orientada hacia las innovaciones, necesitan **estrategias complementarias en otras áreas políticas**. El ejemplo más evidente es la política de innovación y de difusión, p. ej. medidas que estén dirigidas a aumentar la introducción y la adopción de nuevas Tecnologías Ambientales. Hasta ahora, las medidas políticas de innovación con el objetivo de implantar las tecnologías ambientales normalmente han estado bastante alejadas de la política tecnológica y de la investigación. Lo mismo ocurre con la política ambiental, donde, sobre todo, los instrumentos normativos y basados en el mercado sirven como una importante señal para el desarrollo de la tecnología, la investigación y la innovación. Además, el acceso a técnicas apropiadas debería destacarse como una medida complementaria clave para ensalzar la adopción de las Tecnologías Ambientales. Por lo tanto, lo que se necesita es una propuesta para la innovación que establezca los incentivos correctos para inducir una transición.

Para tener en cuenta estas condiciones marco en el desarrollo de la tecnología y la investigación, es preciso proporcionar **escenarios experimentales para la investigación y desarrollo** en aquellos lugares en los que el papel de estas

condiciones marco de las nuevas tecnologías pueda probarse y simularse. El objetivo no es sólo aprender a cómo coordinar las tecnologías con las condiciones marco existentes, sino también aprender sobre los cambios necesarios para estas condiciones marco. Las lecciones aprendidas deberían tenerse en cuenta posteriormente, en el “refinamiento” de las políticas. Tales espacios de aprendizaje ayudarían a Europa para mejorar aún más su rendimiento en términos de desarrollo, introduciendo y vendiendo las Tecnologías Ambientales que son beneficiosas tanto para el medio ambiente como para nuestra economía.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson *et al.* (2001): Innovation and the Environment: Challenges and Policy Options for the UK, Imperial College Centre for Energy Policy and Technology.
- Ashford, N. (1993): Understanding Technological Responses of Industrial Firms to Environmental Problems: Implications for Government Policy, in: Fischer, K./Schot, J. (eds.): Environmental Strategies for Industry, Washington: Island Press, pp. 277-307.
- Beise, M./Rennings, K. (2003): Lead Markets of Environmental Innovations: A Framework for Innovation and Environmental Economics, ZEW Discussion Paper No. 03-01, Mannheim.
- Bauer C./Mahroum S./Weber M. (2004): Future-Oriented analysis of the main socio-economic challenges in Europe: the potential impact of research, Part I: A comparative analysis of Austria, Denmark, Finland, Germany, Ireland, Sweden and the UK, ESTO Research Report, Sevilla/Seibersdorf: ESTO-IPTS/ARC systems research.
- BMBF (2004): Research for Sustainability. Framework Programme of the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) for a sustainable, innovative society, Bonn.
- Butter, M. (2002): A three layer policy approach for system innovations, Paper presented at the 1st Blueprint Workshop "Environmental System Innovations", Brussels, January 2002.
- CMI (2003): Materials, Report of the EU-funded project FutMan, Paris: CMI.
- Dachs, B./Weber, M./Zahradnik, G. (2005): Europe's strengths and weaknesses in Information Society Technologies. A patent analysis, FISTERA Research Report, Seibersdorf: ARC systems research.
- DEFRA (2004): Evidence and Innovation: Defra's needs from the sciences over the next 10 years, Department for Environment, Food and Rural Affairs, London.
- DoE (1998): Plant/Crop-based renewable resources, Washington: US Department of Energy.
- EC (2001): Green Paper On Integrated Product Policy, Brussels: European Commission.
- EC (2002): Environment 2010: our future, our choice. The 6th Environmental Action Programme, Brussels: European Commission.
- EC (2003): Integrated Product Policy Building on Environmental Life-Cycle Thinking, Communication from the commission, Brussels: European Commission.
- EC (2004): Stimulating Technologies for Sustainable Development: An Environmental Technologies Action Plan for the European Union, Communication from the Commission, COM (2004) 38 final, 28 January 2004.
- EC (2004a): ERA-Net Series 2, Brussels: European Commission.
- EU (2004b): European Environmental and Health Strategy and Action Plan, Brussels: European Commission.
- EC (2004c): National Sustainable Development Strategies in the European Union. A first analysis by the European Commission, Commission Staff Working Document, Brussels: European Commission, April 2004.
- EC (2004d): Technology Platforms. From Definition to Implementation as a Common Research Agenda, EUR 21265. 21 September 2004, Brussels: European Commission.
- EC (2005): The 2005 Review of the EU Sustainable Development Strategy: Initial Stocktaking and Future Orientations, Communication from the Commission, COM (2005) 37 final, 9 February 2005.

- EC (2005a): ERA-Net Series 2, Brussels: European Commission.
- ECOTEC (2002): Analysis of the EU Eco-industries, their employment and export potential.
- FutMan (2003): The Future of Manufacturing 2015-2020. The challenge for sustainable development, Final Report, Dublin: IPC.
- GTF (2005): Green Technology Foresight about Environmentally Friendly Products and Materials. Challenges from Nanotechnology, Biotechnology and ICT, Danish Foresight Programme, DRAFT Report, April 2005.
- Hitchens, D./Trainor, M./Clausen, J./Thankappan, S./de Marchi, B. (2003): Small and Medium-Sized Companies in Europe. Environmental Performance, Competitiveness and Management: International Case Studies, Berlin: Springer.
- Huber, J. (2004): New Technologies and Environmental Innovation, Cheltenham: Edward Elgar.
- IHDP (1993): Research Strategy.
- IPTS (2002): Assessing the environmental potential of materials technologies, IPTS Report Series, Sevilla.
- Jaffe, A.B., Portney, P.R., Stavins, R.N. (1995): Environmental regulation and the competitiveness of US manufacturing: What does the evidence tell us?, *Journal of Economic Literature*, vol.33, pp. 132-163.
- Kemp, R. (1997): Environmental Policy and Technical Change. A Comparison of the Technological Impact of Policy Instruments, Cheltenham: Edward Elgar.
- Kemp, R. (2002): Synthesis Report of the 1st BLUPRINT Workshop on Environmental Innovation System, January 2002, Brussels.
- Kemp, R./Rotmans, J. (2005): The Management of the Co-evolution of Technical, Environmental and Social System, in: Weber, K.M./Hemmelskamp, J. (eds.)(2005): *Towards environmental innovation systems*, Springer/Physica: Heidelberg, pp. 33-54.
- Kemp, R./Andersen, M.M./Butter, M. (2004): Background report about strategies, Report for VROM, May 2004.
- Porter, M./van der Linde, C. (1995): Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship, *Journal of Economic Perspectives*, Vol.9, No.4, pp. 97-118.
- Remoe, S. (2005): Innovation governance in dynamic environments. Final report from the NISMONIT project, Paris: OECD.
- Rennings, K./Kemp, R./Bartolomeo, M./Hemmelskamp, J./Hitchens, D. (2003): Blueprints for an Integration of Science, Technology and Environmental Policy (BLUEPRINT), Final Report of the EU-financed project BLUEPRINT, November 2003.
- RIVM (2004): Outstanding Environmental Issues. A Review of the EU's environmental agenda, Netherlands Environmental Assessment Agency at RIVM in cooperation with the EEA, Bilthoven, September 2004.
- Saracco, R./Bianchi, A./Mura, R.B./Spinelli, G. (2004): Key European Technology Trajectories, FISTERA Research Report, Turin: Telecom Italia Lab, September 2004.
- Sartorius, C./Zundel, S. (eds.)(2004): *Time Strategies in Environmental Innovation*, Cheltenham: Edward Elgar.

Wagner, P./Banister, D./ Dreborgk, K./Eriksson, A.E./Stead, D./Weber, K.M. (2003): The Impact of ITC on Transport, Final Report, Seibersdorf/Sevilla: IPTS-ESTO/ARC systems research.

Weber, M., Hemmelskamp, J. (eds.)(2005): Towards Environmental Innovation Systems, Berlin: Springer.

Weterings, R. *et al.* (1997): 81 mogelijkheden voor duurzame ontwikkeling (81 options for sustainable development), Ministry of the Environment, The Hague, the Netherlands.

Whitelegg, K./Weber, K.M. (2002): National Research Activities and Sustainable Development, ESTO Research Report EUR 20389 EN, Sevilla/Seibersdorf.

Anexo 1 Importancia de los conductores de la sostenibilidad para las tecnologías de los materiales

Diversos informes de Reino Unido, Alemania y Países Bajos

	<i>Social</i>	<i>Económico</i>	<i>Ambiental</i>	<i>Regulator y de gobierno</i>
Síntesis cerámica (soldadura, revestimiento, acabado...)		•••	••	••
Tratamiento inteligente	•	•••	•••	••
Compuesto de matriz orgánica	•	••	•	•
Nanocompuestos	••	•••	••	••
Metalurgia de la pólvora	••	•	•	•
Multimateriales	••	••	••	••
Metales ligeros	•	•	•	•
Polímeros funcionales e inteligentes	•	••	•	•
Compuestos intermetálicos	•	•	•	••
Cerámicas estructurales	•••	••	••	•••
Nuevas y mejores técnicas de procesamiento	•	••	•••	••
Materiales híbridos orgánicos e inorgánicos y materiales mesoporosos	••	•	••	••
Polímeros conductores	•	•••	••	••
Superaleación	•	•	••	•
Mezcla de polímeros	•	••	•	•
Materiales bioinspirados	•	••	••	••
Aleaciones de propiedades especiales	•	•	•	••
Nanotubos de carbono	••	••	••	••
Nanopolvos	••	•	•	•
Técnicas de agregación de nanopartículas	••	•	•	•
Biocerámica	•	•	•	••
Materiales de altas temperaturas críticas	••	•	•	••
Materiales fibrosos (fibras de carbono, fibras orgánicas)	•	••	•	•
Nuevo tipo de hormigón	•	•	•	•
Ingeniería del tejido	••	••	•	••
Adhesivos	•	•	•	•
Biopolímeros	••	••	•••	•••

Acelerador / Obstáculo / Neutral

• Impacto bajo / •• Impacto fuerte / ••• Impacto muy fuerte

Fuente: CMI (2003)

Anexo 2 Panorama de las áreas de aplicación de la nanotecnología, biotecnología y TICs y su importancia para los retos socioeconómicos clave

El análisis de impactos que se presenta en la siguiente tabla hace referencia a cinco retos socioeconómicos clave: globalización dominante, transición a una sociedad y economía basadas en el conocimiento, el aumento de las disparidades regionales y la marginación social, transformación de la sanidad y gestión de los recursos ambientales y de los suministros de energía (Mahroum/Bauer/Weber 2004).

Anexo 2.1 Tecnologías de la información y la comunicación y su importancia para los retos socioeconómicos clave

<i>Área de aplicación</i>	<i>Subdominio</i>	<i>Ejemplos</i>	<i>Retos socioeconómicos</i>
Cadena de producción y suministro	Investigación, diseño y desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> - La simulación como herramienta de desarrollo estándar - Desarrollos ambientales distribuidos - Tratamiento informático de alto rendimiento 	Transición a la economía basada en el conocimiento
	Adaptación	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de producción flexibles en combinación con el e-commerce, que permite una especificación detallada de los productos - Producción ajustada 	Transición a la economía basada en el conocimiento
	Transporte, logística y distribución	<ul style="list-style-type: none"> - E-commerce (B2B, B2C) - Seguimiento de productos individuales - Gestión rápida - Entrega ajustada 	Transición a la economía basada en el conocimiento Consolidación de la sociedad de la información
Gestión comercial y de otros servicios empresariales	Servicios financieros y bancarios	<ul style="list-style-type: none"> - Nuevos tipos de servicios de gestión 	Transición a la economía basada en el conocimiento
	Transacciones comerciales	<ul style="list-style-type: none"> - Aceleración de las transacciones mundiales - Cooperación y establecimiento de redes entre empresas 	Transición a la economía basada en el conocimiento Globalización dominante

Anexo 2.1 Tecnologías de la información y la comunicación y su importancia para los retos socioeconómicos clave Continuación

Área de aplicación	Subdominio	Ejemplos	Retos socioeconómicos
	Teleactividades	<ul style="list-style-type: none"> - Redes, dispositivos y periféricos móviles - Tecnología inalámbrica - Redes peer to peer - PDA y otras tecnologías digitales para los medios móviles 	<p>Globalización dominante</p> <p>Consolidación de la sociedad de la información</p>
Vida cultural y social	<p>Entretenimiento</p> <p>Diversidad cultural</p> <p>Redes sociales</p> <p>Estilos de vida</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contenidos multilingües y Multimedia - Tecnología inalámbrica LAN y puntos de encuentro - Herramientas para la comunicación por móvil - Tecnologías de Internet por habla o voz, audio (MP3) - Imágenes y video - Internet de banda ancha, TV digital, redes domésticas - Voz a través de Internet y otras innovaciones digitales para sitios fijos 	<p>Globalización dominante</p> <p>Consolidación de la sociedad de la información</p>
Salud	Tele-aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> - IET ayuda al profesional sanitario en su trabajo - IET para ayudar a que las personas puedan llevar una vida sana e independiente en sus casas - Proporcionar a los pacientes información sobre sus enfermedades - Posibilitar la comunicación entre los profesionales sanitarios a todos los niveles 	<p>Transformación de la sanidad</p> <p>Consolidación de la sociedad de la información</p>
	Dispositivos médicos	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnóstico miniaturizado y dispositivos quirúrgicos - Nuevos instrumentos de alto rendimiento para el diagnóstico (imágenes de alta resolución) 	<p>Transformación de la sanidad</p>

Anexo 2.1 Tecnologías de la información y la comunicación y su importancia para los retos socioeconómicos clave Continuación

<i>Área de aplicación</i>	<i>Subdominio</i>	<i>Ejemplos</i>	<i>Retos socioeconómicos</i>
Seguridad	Protección de datos, ciber-crimen, asegurar las transacciones financieras, protección contra el terrorismo, violencia, etc.	<ul style="list-style-type: none"> - Privacidad y protección de la información personal - Transacciones seguras - Lucha contra el ciber-crimen - Seguridad de las transacciones financieras 	Consolidación de la sociedad de la información
	Seguridad física	<ul style="list-style-type: none"> - Seguridad - Protección contra el terrorismo, violencia, etc. 	Globalización
Educación y aprendizaje	Aprendizaje electrónico	<ul style="list-style-type: none"> - Aprendizaje flexible en términos de espacio y tiempo - Laboratorios virtuales, redes digitales de conocimiento - Aprendizaje asistido por ordenador, simulaciones, etc. 	Transición a la economía basada en el conocimiento
Gobierno y Servicios Públicos	Gobierno electrónico	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptar a Internet los contenidos, formas y aplicaciones - Mejorar el servicio al cliente 	Consolidación de la sociedad de la información
TIC	Electrónica	<ul style="list-style-type: none"> - Prolongar la ley Moore's por medio de estructuras más pequeñas, avances en litografía o, a largo plazo, nuevas opciones como la informática cuántica, el empleo de nanotubos de carbón para los chips 3D - Nuevos dispositivos de almacenamiento por medio de la nanotecnología - Sus sistemas pueden aplicarse en muchos otros campos: automoción, seguridad, etc. 	Sociedad de la Información: La nanoelectrónica posibilita la aplicación de sistemas lacionados con numerosas áreas

Anexo 2.2 Las aplicaciones de la nanotecnología y su importancia para los retos socioeconómicos

<i>Área de aplicación</i>	<i>Subdominio</i>	<i>Ejemplos</i>	<i>Retos socioeconómicos tratados</i>
	Fotónica	<ul style="list-style-type: none"> - Las redes de telecomunicaciones ópticas basadas en la nanotecnología aumentan el ancho de banda y la velocidad - Nuevos dispositivos opto-electrónicos - Circuitos fotónicos 	<p>Sociedad de la información: Redes más rápidas para adaptarse al esperado crecimiento en las transferencias de datos</p>
Sanidad	Productos farmacéuticos y cosméticos	<ul style="list-style-type: none"> - Nuevos tipos de fármacos para aplicaciones de dosis muy específicas empleando nanopartículas - Protección y nutrición de la piel usando nanopartículas - Partículas magnéticas a nanoescala para tratamientos contra el cáncer 	<p>Salud: mejora de fármacos y tratamientos</p>
	Dispositivos médicos	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos médicos baratos, incluyendo todo tipo de tecnologías relacionadas - Instrumentos y técnicas analíticas para aumentar la velocidad de las pruebas con sondas - Uso de nanomateriales para implantes médicos - Lab on the chip y otros dispositivos de nanodiagnóstico para uso doméstico y en telemedicina así como para su uso en hospitales - Robots capacitados gracias a la nanotecnología para operar 	<p>Salud: Dispositivos médicos nuevos y mejorados que pueden usar personas no expertas</p> <p>Efectos secundarios desconocidos de los nanodispositivos</p>
Alimentos agrícolas	Control de la calidad de los alimentos	<ul style="list-style-type: none"> - Sensores para controlar la calidad de los alimentos en la cadena de producción y distribución, por ejemplo: etiquetado térmico 	<p>Salud: Reducir los riesgos para la salud por medio de un control mejor y continuo de los productos alimenticios</p>
	Propiedades de los nuevos alimentos	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentos funcionales 	<p>Salud: Componentes alimenticios con características específicas adaptadas a las necesidades de salud de los usuarios</p>

Anexo 2.2 Las aplicaciones de la nanotecnología y su importancia para los retos socioeconómicos Continuación

<i>Área de aplicación</i>	<i>Subdominio</i>	<i>Ejemplos</i>	<i>Retos socioeconómicos tratados</i>
	Dispositivos médicos	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos médicos baratos, incluyendo todo tipo de tecnologías relacionadas - Instrumentos y técnicas analíticas para aumentar la velocidad de las pruebas con sondas - Uso de nanomateriales para implantes médicos - Lab on the chip y otros dispositivos de nanodiagnóstico para uso doméstico y en telemedicina así como para su uso en hospitales - Robots capacitados gracias a la nanotecnología para operar 	<p>Salud: Dispositivos médicos nuevos y mejorados que pueden usar personas no expertas</p> <p>Efectos secundarios desconocidos de los nanodispositivos</p>
Construcción	Superficies	<ul style="list-style-type: none"> - Superficies limpias - Superficies termoelectricas - Materiales de construcción protegidos o nanoreforzados 	<p>Energía y medio ambiente: Menos necesidad de superficies multifuncionales para la generación de energía</p>
	Edificios energéticamente eficientes	<ul style="list-style-type: none"> - Ventanas inteligentes (sol/gel) - Células solares - Células de combustible basadas en nanocompuestos (membranas, catalizadores, etc) - LEDs y otros dispositivos de bajo consumo de energía 	<p>Energía y medio ambiente: Reducción de la calefacción/aire acondicionado</p> <p>Nuevas y eficientes tecnologías de generación de energía</p> <p>Fuentes de luz de menor intensidad energética</p>
Transporte Automoción	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales para coches, motores y motores eléctricos 	<p>Energía y medio ambiente: motores más eficientes</p>
	Motores	<ul style="list-style-type: none"> - Membranas para células de combustible - Catalizadores 	<p>Energía y medio ambiente: Nuevas fuerzas motrices más eficientes</p>
	Superficies	<ul style="list-style-type: none"> -Superficies limpias 	<p>Energía y medio ambiente: Menos necesidad de limpiar</p>

Anexo 2.2 Las aplicaciones de la nanotecnología y su importancia para los retos socioeconómicos Continuación

<i>Área de aplicación</i>	<i>Subdominio</i>	<i>Ejemplos</i>	<i>Retos socioeconómicos tratados</i>
Producción	Pegamentos y adherencia	<ul style="list-style-type: none"> - Pegamentos - Tecnología de superficie (sol/gel) - Importancia de la producción de tecnología, medición e instrumentos 	<p>Energía y medio ambiente: Productos menos pesados y más eficientes energéticamente</p> <p>Sociedad basada en el conocimiento</p> <p>Productos más baratos, procesos de producción sencillo</p>
	Materiales nanoestructurados	<ul style="list-style-type: none"> - Biomateriales/biominerales a nanoescala empleados también para uso médico - Nuevos tejidos para aplicaciones textiles y sanitarias - Nuevos polímeros como aerogeles - Células solares más eficientes - Materiales superconductivos a temperatura ambiente 	<p>Energía y medio ambiente: Almacenamiento energético para una generación de energía descentralizada y renovable (por ejemplo: supercondensadores)</p> <p>Procesos de transformación con una mayor eficiencia energética, mayor conductividad y pérdidas reducidas de energía.</p> <p>Salud: Nuevos tipos de implantes biocompatible</p>
	Tecnologías químicas y ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Nanocatalizadores con una mejor especificación - Nanoreactores - Menos intensidad de materiales en dispositivos como en el caso de los LEDs - Membranas a nanoescala y separación de las tecnologías (por ejemplo: para el tratamiento del agua) 	<p>Economía basada en el conocimiento: Procesos de producción altamente específicos y mejores</p> <p>Energía y medio ambiente: Procesos de producción menos contaminantes</p> <p>Dispositivos compuestos de menor intensidad de material</p>
	Recubrimientos y superficies	<ul style="list-style-type: none"> - Nanorecubrimientos para herramientas de maquinaria - Superficies ópticas de alta precisión 	<p>Economía basada en el conocimiento: Producción de calidad superior</p> <p>Energía y medio ambiente</p> <p>Observación de alta resolución de la tierra</p>

Anexo 2.2 Las aplicaciones de la nanotecnología y su importancia para los retos socioeconómicos Continuación

<i>Área de aplicación</i>	<i>Subdominio</i>	<i>Ejemplos</i>	<i>Retos socioeconómicos tratados</i>
	Sensores y actores	- Control continuo de los procesos de producción - Lab on the chip	Economía basada en el conocimiento: Estándares de alta calidad
Seguridad	Protección	- Equipamiento protector personal ligero y resistente - Protección reforzada de armas (tanques, aviones, etc)	Globalización: Fuerzas móviles militares, de seguridad y materiales
	Inteligencia	- Observación tecnológica a nanoescala	Globalización: Observación en lugares remotos Sociedad de la información: Tecnologías de observación invisible

Anexo 2.3 Las aplicaciones de la nanotecnología y su importancia para los retos socioeconómicos

Área de aplicación	Subdominio	Ejemplos	Retos socioeconómicos tratados
Salud	Productos para el diagnóstico	Más de 400 dispositivos clínicos para el diagnóstico se usan hoy en día con productos biotecnológicos. Las más importantes son las técnicas exploratoria de <i>screening</i> o cribado para proteger el suministro de sangre de su contaminación por sida, y los virus de la hepatitis B y C	Salud: Se desarrollarán técnicas nuevas y más potentes para el cuidado de la salud Disparidades regionales y sociales: Las pruebas genéticas permitirán la identificación de grupos de riesgo
	Productos farmacéuticos	La biotecnología normalmente produce nuevos tratamientos médicos y aplicaciones para mejorar la salud. La administración alimenticia y de medicamentos a prueba, agentes preventivos o tratamientos para: anemia, diabetes mellitas, fibrosis quística, sarcoma de Kaposi asociada al SIDA, leucemia en las células del cabello, verrugas venéreas, infarto agudo del miocardio (ataque al corazón), rechazo del trasplante de riñón	Salud: Medicamentos nuevos y mejores
	Terapia genética	Prácticas para la salud pública, cirugía con anestesia y antibióticos	Salud: Nuevas terapias para enfermedades incurables, pero aquellas que sean de mayor preocupación social y étnica
	Alteración de genes en el esperma	Los procesos serán patentados. Hasta ahora el método ha sido aplicado sólo en animales	Salud: Evitar enfermedades hereditarias
	Inserción de genes de otras especies en células reproductivas	Tecnologías para crear plantas y animales transgénicos (cruzar especies)	Salud: Mejorar la calidad de vida y evitar las enfermedades de transmisión genética o defectos genéticos. Medio ambiente y energía: Plantas más resistentes y productivas
	Terapia somático-genética	Supone la inserción de genes de otras especies o de un humano a una persona enferma	Salud: Tratamiento de las enfermedades de transmisión genética

Anexo 2.3 Las aplicaciones de la nanotecnología y su importancia para los retos socioeconómicos Continuación

Área de aplicación	Subdominio	Ejemplos	Retos socioeconómicos tratados
	Órganos artificiales	Esta tecnología depende de la manipulación, diseño asistido por ordenador, de plásticos y polímeros biodegradables y ultrapuros. Ya se ha demostrado en animales con una válvula en un corazón artificial en corderos. También pueden usarse una electrónica innovadora.	Salud: Posibilidad de producir nuevos tipos de órganos artificiales Mejorar los productos y servicios sanitarios

Siglas empleadas

- I IPTS Instituto de Estudios de Prospectiva Tecnológicos (*The Intitute for Perspective Technological Studies*).
- II HLG Grupo de Alto Nivel (*High Level Group*).
- III Bof *Basic Oxigen Furnace*.
- IV EAF *Electric Art Furnace*.
- V DR Eliminación Directa (*Direct Reduction*).
- VI SR *Smeling Reduction*.
- VII IPPC Control y prevención Integrada de la Contaminación (*Integrated pollution prevention and control*).
- VIII ACV Análisis del Ciclo de la Vida (*LCA: Life-Cycle Análisis/Assessment*).
- IX PPI Política de Producción Integrada (*IPP: Integrated Protect Policy*).
- X EMAS Sistemas de Auditoría y Gestión Ambiental (*Enviromental Management and Auditing Systems*).
- XI ETAP Plan De Acción de Tecnologías Ambientales (*Environmental Technologies Action Plan*).