

¡Las tecnologías sostenibles no existen!

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

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

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

ÍNDICE

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

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

Keywords: sustainable development, system innovation, sustainable technologies.

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

1. INTRODUCCIÓN

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

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

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

2. LOS MÚLTIPLES SIGNIFICADOS DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO SOSTENIBLE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

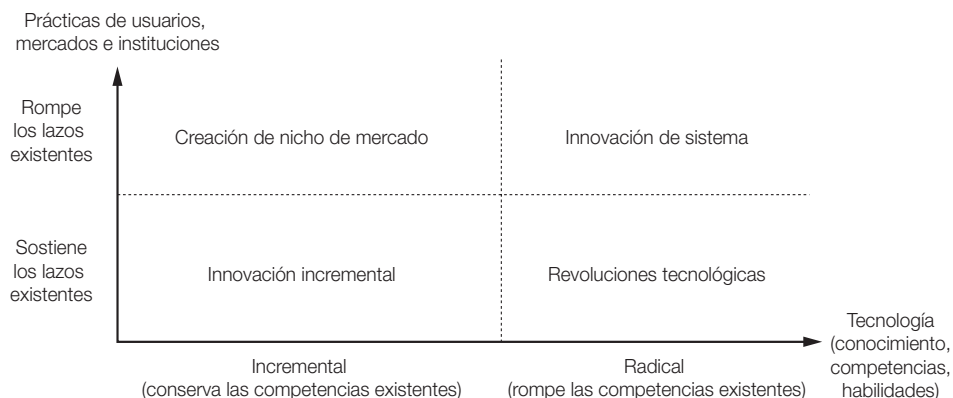
ción sistémica de nuestro tiempo es el teléfono móvil, que no solo es un producto diferente sino también un sistema diferente: con transmisores especiales, comunicación por satélite, chips especiales como las tarjetas SIM, servicios de mensajes de texto, etc. Son los cambios afines en las cadenas de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

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

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

⁴ Suele suprimirse el adjetivo «sociotécnica».

Gráfico n.º 1

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

Fuente: Elaboración propia.

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

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

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

2.1. Desarrollo sostenible

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

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

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

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

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

2.2. Innovaciones para la sostenibilidad

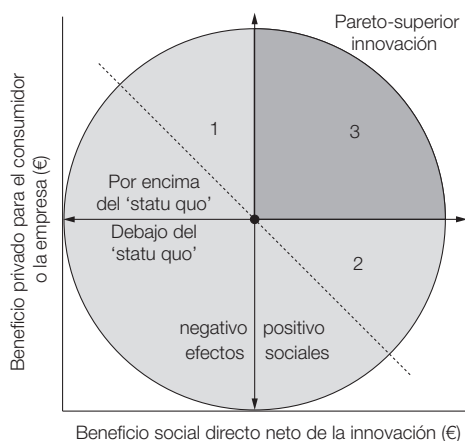
Las eco-innovaciones son innovaciones que ofrecen un beneficio medioambiental a diferencia de otras alternativas relevantes. Además, las innovaciones para la sostenibilidad pueden definirse como innovaciones que ofrecen beneficios medioambientales y sociales.

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

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

Gráfico n.º 2

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



Fuente: Elaboración propia.

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

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

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

material y de la forma de producir electricidad.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

novables empleando la tecnología actual.

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

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

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

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

2.4. Demandas paradójicas para la política

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

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

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

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

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

3. ¿MEJORA DE SISTEMA O INNOVACIÓN DE SISTEMA?

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Cuadro n.º 1

Movilidad personalizada

La sustitución de servicios automovilísticos por servicios de movilidad

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

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

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

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

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

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

Fuente: Kemp y Rotmans (2004).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

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

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

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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