
Las dinámicas de agotamiento de los recursos naturales y el papel de la prospectiva

El agotamiento de recursos naturales, incluidos los energéticos, se ha convertido en la principal amenaza para el modelo económico y el bienestar social, pero también condiciona cada vez más las estrategias de innovación que han de adoptarse para hacer frente a los retos del escenario de escasez que se avecina. La prospectiva puede ser una herramienta útil en el proceso de transición hacia un uso mucho más eficiente de los recursos, si consigue reunir los conocimientos y señales de alarma procedentes de diferentes vías de investigación. Puede ayudar a mitigar los efectos negativos de las dinámicas de agotamiento, aunque requiere, para ello, ir acompañada de una labor de vigilancia sistemática.

Baliabide naturalak agortzea, energia-baliabideak barne, mehatxu nagusia bilakatu da eredu ekonomikorako eta gizarte-ongizaterako, baina, era berean, gero eta gehiago baldintzatzen ditu gertatzear dagoen eskasia-egoeraren erronkei aurre egiteko hartu behar diren berrikuntza-estrategiak. Prospektiba tresna erabilgarria izan daiteke baliabideen erabilera askoz eraginkorragorako trantsizio-prozesuan, hainbat ikerketa-bidetatik datozen alarma-seinaleak eta ezagutzak biltzea lortzen badu. Agortze-dinamiken ondore negatiboak arintzen lagun dezake, baina, horretarako, zaintza-lan sistematikoa ere egin beharko da.

The declining access to natural resources, including fossil fuels, has become the main threat to the current economic model and to social well-being. Further, this reality is increasingly conditioning the innovation strategies that need to be implemented to cope with the challenges linked to the scenario of scarcity that we are facing. Future studies can be a useful instrument in the transition towards a new model that makes a much more efficient use of resources, in particular when the foresight processes incorporate knowledge and signs of alarm from a broad set of scientific disciplines. Future studies can help mitigate the negative effects of the dynamics of decline, but should be accompanied by a systematic vigilance process.

Índice

1. Introducción
2. Las tendencias actuales en el consumo de recursos naturales
3. Las dinámicas de agotamiento
4. Las respuestas económicas y sociales
5. Conclusiones

Referencias bibliográficas

Palabras clave: prospectiva, recursos naturales, innovación.

Keywords: foresight, natural resources, innovation.

N.º de clasificación JEL: F47, Q32, Q42.

1. INTRODUCCIÓN

La misión principal de la prospectiva es la de reducir la incertidumbre en la toma de decisiones económicas, tecnológicas o políticas. Partiendo de las tendencias que se están produciendo en la actualidad, se elaboran hipótesis verosímiles sobre la futura evolución de las mismas y se insta a actuar de forma coherente para minimizar riesgos y aprovechar las oportunidades que surgen a raíz de los procesos de cambio.

La pregunta que se plantea en este contexto es si la prospectiva puede cumplir esta función en un contexto cada vez más complejo, marcado por múltiples dinámicas de agotamiento de recursos, entre ellos los energéticos y las materias primas.

La escasez de diferentes recursos se está convirtiendo en un condicionante para la evolución futura de la economía y de la sociedad y reduce considerablemente la libertad para la toma de decisiones individuales y colectivas, generando, con frecuencia, una sensación de impotencia ante la dimensión de las amenazas y la falta aparente de alternativas.

Si en estas circunstancias se pretende recurrir a la prospectiva como elemento de preparación para el futuro, es imprescindible combinar un conjunto de conocimientos muy complejos y generalmente muy compartimentados, como son:

1. Una revisión crítica de las supuestas tendencias actuales y de la base de datos en la que éstas se sustentan, como las relativas a las reservas existentes de los diferentes recursos naturales y a la previsible evolución de la demanda. Ha de tenerse en cuenta que existen serias dudas respecto a la veracidad de las estimaciones ofrecidas por los organismos de referencia y una gran disparidad de opinión entre los expertos en las diferentes temáticas.
2. La necesidad de comprender las dinámicas de agotamiento y las interrelaciones entre las diferentes problemáticas. Existen, por ejemplo, indicios de una estrecha relación entre la evolución de los precios energéticos y la del mercado de materias primas, puesto que la minería es una actividad que acarrea un alto consumo energético. También se da el caso de que las nuevas tecnologías energéticas utilizan materias primas escasas, con lo cual el despliegue masivo de estas tecnologías podría dar lugar a cuellos de botellas adicionales en el suministro de estos materiales.
3. Finalmente, se requiere un amplio conocimiento de las respuestas que pueden dar los diferentes actores a los retos que surgen. Estas respuestas abarcan los movimientos especulativos en los mercados, la búsqueda de soluciones tecnológicas para la minimización del consumo de recursos o la identificación de procesos y productos alternativos. Una gran incógnita reside en los cambios que puedan producirse en la sociedad como reacción a las situaciones de crisis y de escasez. Este tipo de conocimiento procede de la investigación sociológica y antropológica y debe incorporarse a las teorías económicas y los estudios sectoriales sobre recursos, lo cual requiere una estrecha cooperación interdisciplinar.

Estos tres aspectos se analizan en detalle a lo largo del presente artículo con el objetivo de dotar a los estudios de prospectiva tecnológica o sectorial de una base científica lo más rigurosa posible, evidenciando las lagunas de conocimiento y sus posibles consecuencias. En resumen, se trata de mejorar la transparencia de los ejercicios de prospectiva, reconociendo sus límites, pero también su utilidad para la planificación a largo plazo. Gran parte de las reflexiones que se presentan en este artículo son fruto del intercambio de información entre los participantes de la red de prospectiva energética europea EFONET, así como de los resultados de dos proyectos de investigación: el proyecto ESPON «ReRisk Regions at Risk of Energy Poverty» y el proyecto ETORTEK «Ecoberri», financiado por el Gobierno Vasco.

2. LAS TENDENCIAS ACTUALES EN EL CONSUMO DE RECURSOS NATURALES

2.1. Recursos energéticos

Ekonomiaz dedicó hace poco un monográfico sobre las «sociedades en emergencia energética», en la cual se hacía un repaso concienzudo de la problemática de

las reservas mundiales de petróleo y de gas natural, así como sobre las dificultades de medición de las mismas y de determinar con exactitud hasta cuándo éstas van a ser suficientes para cubrir la creciente demanda mundial. Tras analizar las diferentes fuentes de información disponibles, el autor (marzo, H., 2009) llega a la conclusión que se perfila el año horizonte 2030 como un año crítico, tanto para las reservas de petróleo como para las de gas natural. Kerschner y Arto (2009) interpretan que las tensiones observadas en el mercado mundial de petróleo y gas antes de la crisis económica actual apuntan a que ya se está produciendo un desajuste entre oferta y demanda y que el mundo no dispone del tiempo necesario para realizar una transición paulatina de un modelo energético basado en recursos fósiles a otro sustentado en las energías renovables. Esta última interpretación de la situación actual se perfila actualmente como el escenario más probable, puesto que ha sido confirmada repetidamente en conversaciones y talleres con representantes del sector energético y, recientemente, por la Agencia Internacional de la Energía (Conner, 2009).

Sin embargo, la Agencia Internacional de Energía, que ha sido la principal fuente oficial de información sobre reservas durante decenios, ha perdido cierta credibilidad a raíz de las denuncias sobre la manipulación consciente de datos (Macalister, 2009) e importantes rectificaciones en sus previsiones a lo largo de los últimos años (Lardelli, 2009a).

Al análisis realizado en Ekonomiaz sólo cabe añadir que la situación es especialmente grave para Europa, por su creciente dependencia de un número limitado de productores de estos recursos. Los suministros de gas desde Noruega juegan un papel fundamental para mantener esta dependencia dentro de límites aceptables, sin embargo los yacimientos noruegos también parecen acercarse a su «techo» de producción.

En vista de la escasa fiabilidad de los datos oficiales sobre las reservas, los investigadores en materia energética y geológica han empezado a recurrir a métodos de simulación basados en los datos de producción históricos y el comportamiento de yacimientos cercanos con características similares. Aplicando este método, Söderbergh *et al.* (2009) llegan a la conclusión de que el nivel máximo de producción de los yacimientos noruegos conectados por gaseoducto, cuya producción se destina al continente europeo, puede alcanzarse en 2015 ó 2016 y de que la producción de los mismos estará en niveles menores que los actuales en 2030.

Un método similar, empleado por Patzek *et al.* (2010), arroja además datos preocupantes sobre uno de los recursos fósiles considerados más abundantes, el carbón. En este caso, los autores han basado sus estimaciones en el comportamiento del conjunto de las minas mundiales, asumiendo que puede haber aún importantes yacimientos sin explotar, especialmente en la zona de Alaska y Siberia. Aún así, llegan a la conclusión de que la producción mundial de carbón alcanzará su pico en 2011 y

los suministros procedentes de minas ya en explotación se reducirán en un 50% hasta el año 2050.

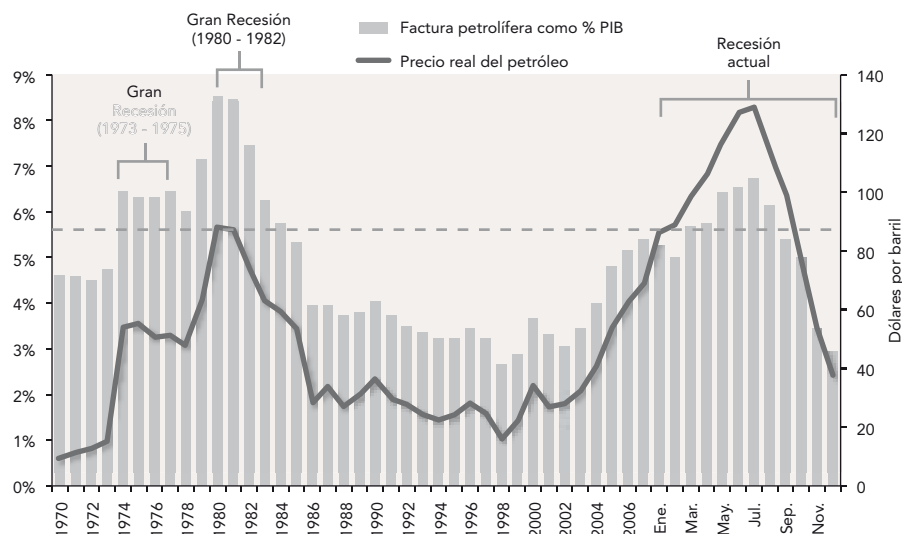
Respecto a estas noticias alarmantes, se suele argumentar que un incremento de los precios energéticos permite el desarrollo de nuevos yacimientos no viables hasta la fecha y, por lo tanto, la explotación de reservas adicionales. Pero esta dinámica tiene límites físicos y económicos que se han tenido poco en cuenta hasta la fecha.

En cuanto a los límites económicos, se discute actualmente cuál es el precio máximo para la energía que puede ser asumido por la economía mundial sin provocar una contracción fuerte de la demanda por otros bienes que lleve, a su vez, a una nueva recesión económica (Hamilton 2009). Según Sadad al Hussein, recién jubilado vice-presidente de la compañía petrolífera Aramco, el techo estaría en torno a los 90 dólares el barril:

as you go up to say \$90 a barrel, you're consuming 4.5% of the global economy [for oil]. That in itself is a ceiling - you cannot go indefinitely into more expensive alternatives without destroying [the] economy and therefore destroying demand. So we do have a ceiling on prices and how much expensive alternative fuel we can put into the market. (Lardelli 2009b)

De acuerdo a esta teoría, existe un estrecho nexo entre la evolución de los precios energéticos y las recesiones económicas de las últimas décadas, tal como se indica en el gráfico n.º 1.

Gráfico n.º 1. **EVOLUCIÓN DEL PRECIO DE PETRÓLEO Y RECESIONES HISTÓRICAS EN ESTADOS UNIDOS**

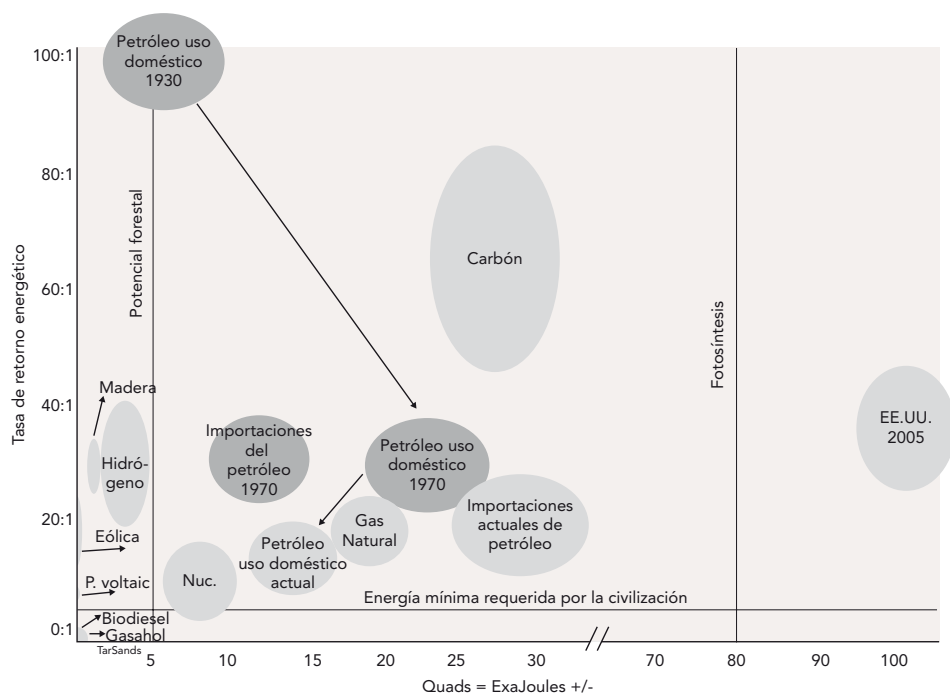


Fuente: Murphy, 2009.

Esta explicación de las causas estructurales de la actual crisis económica —más allá de la especulación bancaria— tiene importantes implicaciones para las perspectivas a medio y largo plazo de la economía mundial, puesto que ésta estaría abocada a ciclos repetidos de declive.

Respecto a los límites físicos de nuevas explotaciones, debe considerarse la llamada tasa de retorno energético de las diferentes tecnologías, entendiéndose por ello la cantidad de energía que ha de emplearse para obtener energía útil. El gráfico n.º 2 muestra la evolución del balance energético neto (EROI-*Energy Return on Investment*, en inglés) para algunas fuentes de energía en Estados Unidos.

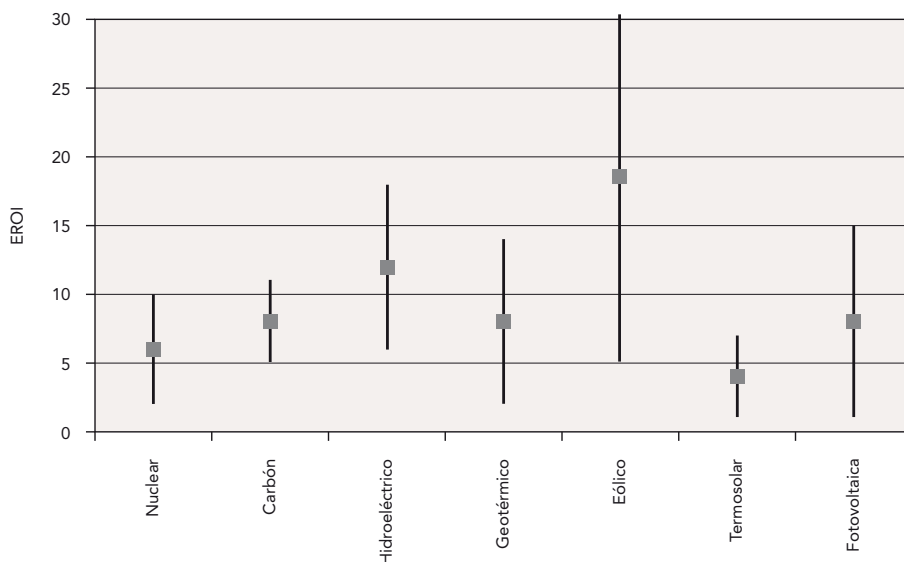
Gráfico n.º 2. **EVOLUCIÓN DEL BALANCE ENERGÉTICO NETO DE DIFERENTES FUENTES ENERGÉTICAS EN ESTADOS UNIDOS, 2005**



Fuente: Hall et al. 2009.

Calcular el balance energético para las diferentes fuentes requiere una amplia cantidad de datos sobre proyectos concretos. Los resultados varían considerablemente en función de la tecnología aplicada —por ejemplo el tamaño de aerogeneradores— o la ubicación del proyecto, con lo cual conducen a un arduo debate entre expertos (Cleveland *et al.*, 2006). Las diferentes apreciaciones sobre el EROI de las energías renovables se reflejan en los gráficos n.º 2 y n.º 3.

Gráfico n.º 3. **BALANCE ENERGÉTICO NETO DE DIFERENTES TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS**



Fuente: Cleveland et al., 2006.

Sin embargo, la tendencia parece clara: empeora de forma alarmante el balance energético de las energías fósiles, mientras los valores mejoran para tecnologías basadas en fuentes renovables.

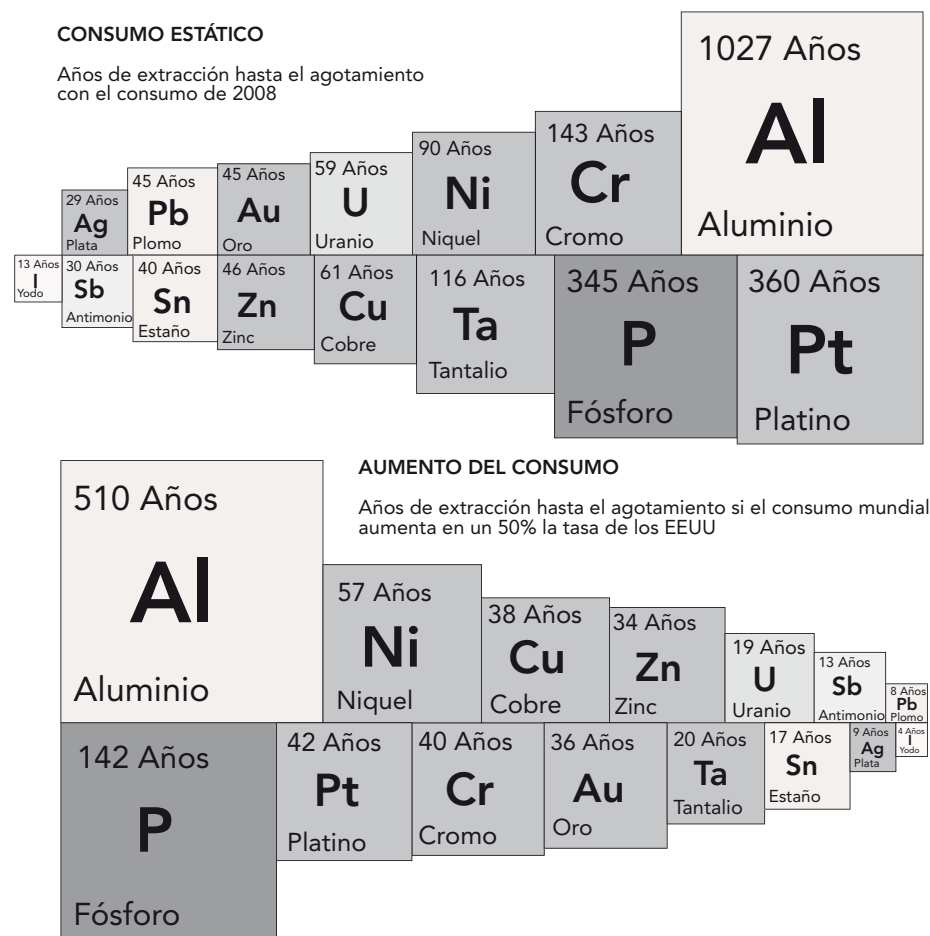
2.2. Escasez de materiales

Paralelamente a la preocupación por la incipiente crisis energética, se van detectando alarmas con respecto al importante aumento del consumo de materiales críticos, el cual ejerce presión sobre los precios y acorta la duración prevista de las reservas mundiales. Tanto la Comisión Europea como varios Estados miembros de la Unión Europea están definiendo sus estrategias para hacer frente a los problemas de acceso a materiales «críticos» o «estratégicos». Se define como material estratégico el que se demanda para usos industriales en una cantidad superior a la que razonablemente se puede conseguir, por la inexistencia de reservas naturales suficientes o por la dificultad de acceso a las mismas, y que, además, no se puede sustituir por otros materiales más abundantes, reciclables o accesibles, en un periodo de tiempo razonable.

De nuevo, nos encontramos con la dificultad de realizar proyecciones sobre la duración de las reservas de los diferentes tipos de materias primas, aunque en este caso, la mayor incertidumbre reside en la evolución prevista del consumo de las mismas. Tal como se desprende del gráfico n.º 4, las preocupaciones sobre el rápido

agotamiento de recursos no sólo abarcan ciertos metales «exóticos», sino que se extienden a materias primas ampliamente usadas.

Gráfico n.º 4. **DURACIÓN DE RESERVAS DE MATERIALES «CRÍTICOS» EN FUNCIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL CONSUMO**



Fuente: Kooroshy et al., (2010).

Si el mundo en su conjunto llega a consumir el 50% de las cantidades de materias primas que utiliza actualmente Estados Unidos, las reservas conocidas de uranio, por ejemplo, se agotarían en menos de 20 años. Este hecho fue uno de los motivos por los que el gobierno federal alemán adoptó, en su momento, la decisión de poner fin al programa de energía nuclear del país.

La problemática de agotamiento es especialmente preocupante para materiales escasos utilizados en pequeñas cantidades («minoritarios») que tienden a mezclarse

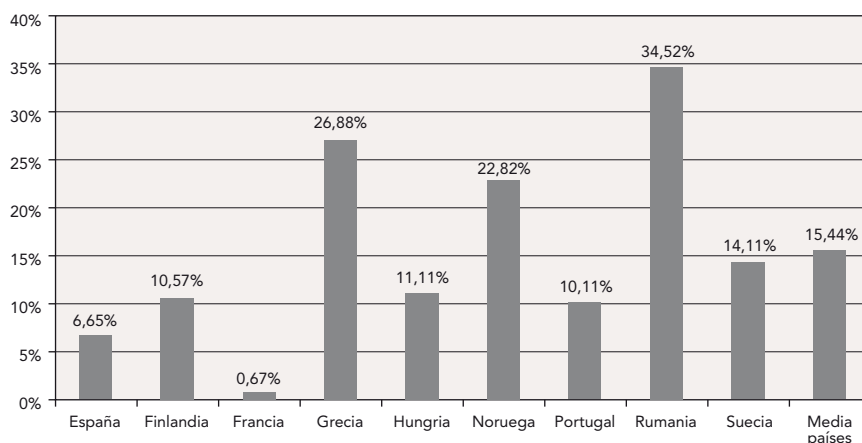
con los materiales llamados «mayoritarios» durante la fase de producción o consumo y, por lo tanto, son difícilmente recuperables o reciclables.

3. LAS DINÁMICAS DE AGOTAMIENTO

Cada una de las problemáticas expuestas arriba es grave, vista por sí sola, pero el panorama se complica aún más, si se tiene en cuenta que al agotamiento de un recurso desata procesos de sustitución, los cuales generan presión sobre otros recursos, bien en forma de un incremento de los precios o mediante un acelerado proceso de agotamiento físico. Así, se detecta una estrecha relación entre la evolución de los precios energéticos y el de otras materias primas, debido, en parte, a la alta intensidad energética de la minería.

Gráfico n.º 5. **COSTE ENERGÉTICO DE LA MINERÍA EUROPEA**

Porcentaje de las compras del sector de la minería de metales destinado al gasto energético, 2005

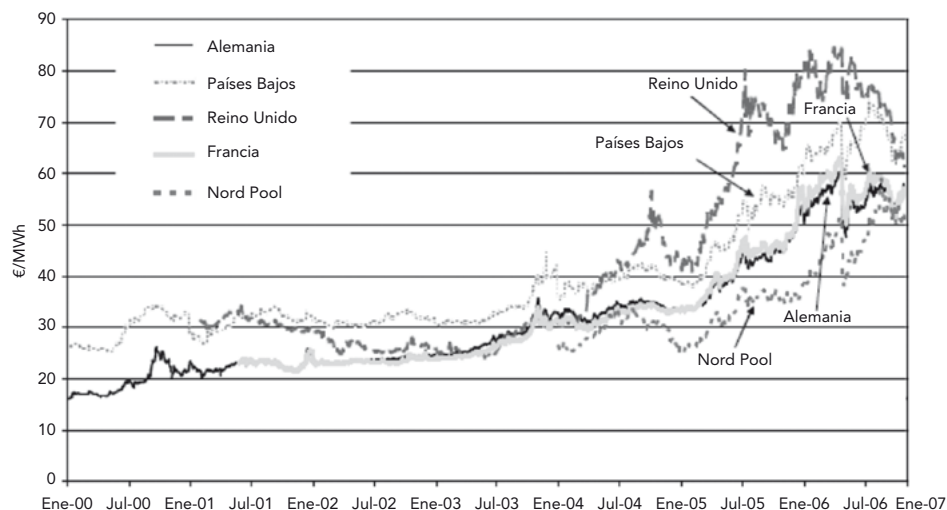


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat «Structural Business Statistics».

El gráfico n.º 5 indica que las empresas europeas de minería dedican aproximadamente un 15% de sus compras a la energía, aunque en algunos países, como Rumania y Grecia, este porcentaje es mucho más elevado.

El análisis histórico de la evolución de los precios en los mercados mayoristas de electricidad demuestra además que un alza del precio del petróleo arrastra al conjunto de los productos energéticos, debido, por una parte, al funcionamiento de los propios mercados (indexación de los precios de petróleo y de gas, influencia de las centrales de gas en los mercados mayoristas de electricidad) y, por otra, por el incremento de los costes del transporte, que afectan negativamente a los suministros de cargas voluminosas, entre ellos el carbón.

Gráfico n.º 6. **LOS PRECIOS DE ELECTRICIDAD EN LOS MERCADOS MAYORISTAS 2000-2006 (EN €/MWh)**



Fuente: European Commission DG Competition Report 2007.

3.1. Las estrategias de sustitución de los actores

Ante estas tendencias en el mercado, los actores afectados tienden a reaccionar, adoptando estrategias de sustitución que ejercen presiones adicionales sobre la disponibilidad física de las reservas. Un ejemplo muy claro se verá en los próximos decenios en el sector aeronáutico que afronta al importante reto de sustituir el combustible derivado del petróleo por fuentes más abundantes o menos costosas. En este contexto, las fuerzas aéreas estadounidenses ya han decidido convertir su flota a combustibles sintéticos derivados de gas natural o carbón. Uno de los argumentos principales de esta reconversión es la abundancia de reservas de carbón, de las que dispone EE.UU. (Montgomery, 2008). China parece perseguir una estrategia de sustitución similar, lo cual genera una serie de interrogantes: el proceso de licuefacción de carbón tiene un balance energético insatisfactorio, requiere importantes cantidades de agua y deriva en un aumento de las emisiones de CO₂. Además, se advierte que un uso a gran escala de carbón para la aviación, supondría el agotamiento de las reservas estadounidenses antes del fin de siglo (Milici, 2008). Teniendo en cuenta los análisis de Patzek *et al.* (2010) sobre la probable evolución de la producción de las minas de carbón, la apuesta de sustitución parece enormemente arriesgada.

Las compañías aeronáuticas comerciales se enfrentan a problemas similares, y buscan soluciones basadas en biocombustibles, lo que podría generar presiones sobre el uso de las tierras y de los recursos hídricos, si estos combustibles proceden de cultivos, y no de residuos (Nygren, 2008).

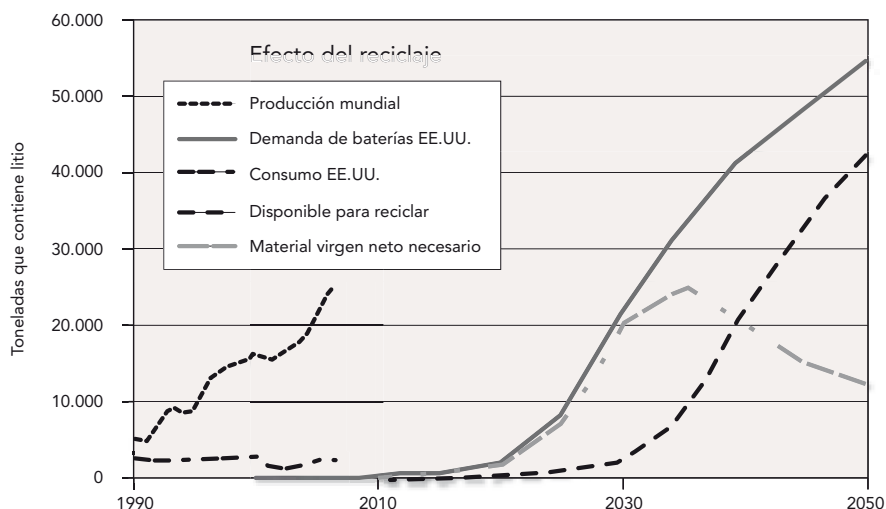
Estos ejemplos demuestran cómo el encarecimiento o la escasez de un determinado recurso acaba ejerciendo presiones en otros ámbitos, conduciendo a una aceleración general del agotamiento de reservas hoy en día consideradas abundantes.

3.2. El impacto en las estrategias de innovación

Finalmente, se llega a una situación en la que la dinámica de agotamiento condiciona las estrategias de innovación y las respuestas tecnológicas que deberían aportar soluciones a un determinado reto. Esto es especialmente grave cuando se trata de tecnologías que deberán desplegarse a gran escala. Para ilustrar este dilema, basta con examinar el caso de las baterías avanzadas.

El almacenamiento de energía eléctrica en baterías eficientes es un elemento clave para mejorar el rendimiento de las fuentes de energía intermitentes, como son la mayoría de las renovables, para incrementar la eficiencia del sistema eléctrico en su conjunto y para avanzar hacia la electrificación del transporte. Sin embargo, una de las soluciones más prometedoras para usos de transporte, las baterías de litio, podrían encontrarse con serios problemas de suministro de éste y otros materiales utilizados en su producción. Por el lado positivo, ha de considerarse que parte de estos recursos pueden recuperarse mediante el reciclaje, el cual se vuelve más rentable con un aumento de los precios de las materias primas.

Gráfico n.º 7. **DEMANDA FUTURA DE LITIO EN EL MERCADO ESTADOUNIDENSE**



Fuente: Gains et al. (2009).

Las estrategias de innovación se verán, por lo tanto, condicionadas por las dinámicas de agotamiento; éste es un asunto que se empieza a abordar actualmente me-

diante trabajos de investigación, pero su importancia aún no está ampliamente reconocida. Será necesario un importante esfuerzo para comprender las múltiples consecuencias que el agotamiento de recursos producirá en los diversos sectores económicos y sus efectos futuros sobre la vida cotidiana.

4. LAS RESPUESTAS ECONÓMICAS Y SOCIALES

Los mercados, las empresas, los centros de investigación y la administración no son los únicos agentes que reaccionan ante una situación de crisis y escasez. La respuesta institucional puede ser suficiente cuando se trata de abordar un problema concreto, pero para lograr una transición a un modelo de producción y consumo mucho más eficiente y sostenible que el actual, o se requiere una amplia participación de la ciudadanía o una muy estricta y probablemente opresiva regulación de las actividades diarias. Ambos planteamientos están presentes a nivel teórico y práctico y resulta difícil discernir cuál va a ser el modelo de gobernanza de las sociedades en vías de transición. Tukker (2007) ofrece un interesante resumen de la mezcla de disciplinas que intervienen en el debate intelectual sobre la gestión de los procesos de transición y las posibles actitudes que puedan adoptar individuos y colectivos ante la necesidad de un cambio profundo de instituciones y costumbres. Las respuestas varían desde la negación del problema y la forzosa adaptación dolorosa y tardía, hasta el liderazgo del cambio por parte de los grupos más innovadores en la sociedad.

Las aportaciones de investigadores procedentes de la sociología, la antropología y los análisis de los procesos de innovación en general a la prospectiva son muy valiosas, sobre todo si se trata de elaborar hipótesis verosímiles en forma de escenarios. La incorporación de variables sociológicas en los trabajos de modelización, por ejemplo, puede hacer que los resultados de los mismos varíen enormemente. Del mismo modo, el contemplar en la modelización el consumo de energía y no sólo la producción, permite detectar un importante potencial de ahorro, que pasa desapercibido si no se tienen en cuenta factores como el efecto de aprendizaje (Laitner *et al.*, 2004). Pero las técnicas de modelización, al igual que la prospectiva en general, carecen de herramientas para dibujar una imagen compleja de cambios profundos y no lineales que apenas tienen antecedentes históricos, lo que limita considerablemente su utilidad en este momento. En tiempos revueltos, se abren muchas posibles vías de desenlace, más abordables desde el ámbito de la ciencia especulativa que desde una disciplina científica como la prospectiva.

4.1. Respuestas desde la política energética regional

Existen, no obstante, otras vías por las cuales la prospectiva puede ayudar a esclarecer necesidades de actuación, por ejemplo mediante la previsión de impactos de una tendencia altamente probable, como es el continuo incremento de los pre-

cios energéticos. Cuando se puede demostrar con un alto grado de certeza que una situación tenderá a alargarse en el tiempo y generar fuertes impactos en la economía y la sociedad, se puede estudiar la vulnerabilidad de territorios o colectivos ante este problema, a fin de mitigar los efectos negativos. Este enfoque se ha utilizado recientemente en el proyecto de investigación europeo *ReRisk* para analizar la vulnerabilidad de las regiones europeas ante la «pobreza energética». Destacamos los recientes resultados de este proyecto de investigación entre las múltiples estrategias que se van adoptando mundialmente para hacer frente al agotamiento de recursos, porque señala posibles actuaciones a escala subnacional y local, que tienen gran transcendencia.

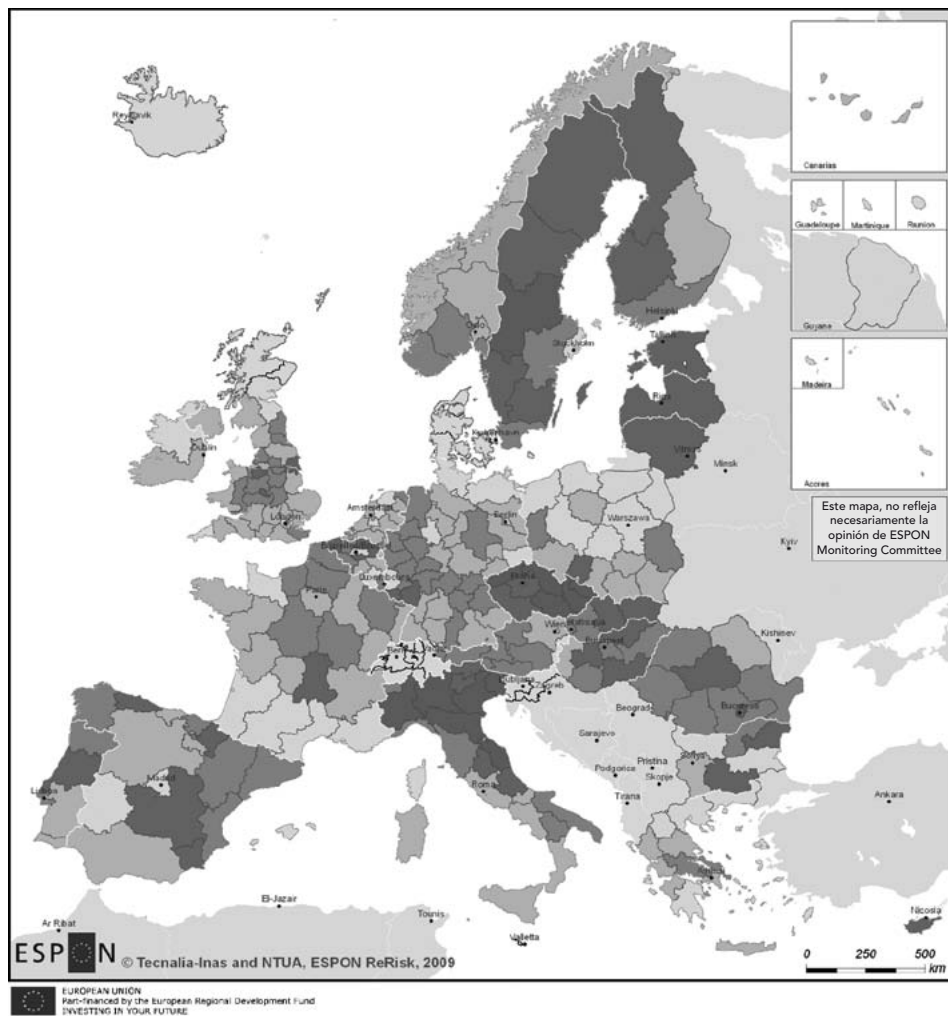
Generalmente se entiende por pobreza energética una situación en la que las personas en un hogar no pueden afrontar el pago de sus facturas de electricidad o de calefacción. Sin embargo, el concepto puede hacerse extensivo al conjunto de una economía regional, puesto que ésta también puede mostrarse en mayor o menor medida vulnerable ante el incremento de los precios energéticos. Si la base industrial de un territorio tiene un consumo energético muy intensivo o si la economía regional es altamente dependiente del transporte motorizado, la competitividad de las empresas puede verse afectada y, en consecuencia, el empleo en algunos sectores. Además, si las empresas intentan trasladar el incremento de su coste productivo al consumidor, las economías familiares se ven doblemente afectadas, por una parte por el aumento directo de los precios de la energía que consumen y por otra, por el incremento general del coste de vida.

Los diferentes aspectos de pobreza energética (estructura industrial, dependencia de transporte y familias en situación de pobreza) se han analizado de forma comparativa para identificar las regiones europeas más vulnerables. Para ello, ha sido necesario construir los indicadores adecuados a partir de estadísticas de Eurostat, puesto que no se recogen datos comparables sobre el consumo energético regional, ni se mide directamente el riesgo de pobreza energética en las regiones europeas. Lo que sí existe es información sobre el gasto energético en los diferentes subsectores, así como información detallada sobre el empleo y el valor añadido bruto de estos sectores en las regiones europeas, incluido el sector transporte. El riesgo de pobreza en la población puede evaluarse a partir de los datos que describen las causas que producen problemas económicos en las familias, como son la falta de acceso al mercado de trabajo (inactividad), los ingresos medios en una región o el paro de larga duración.

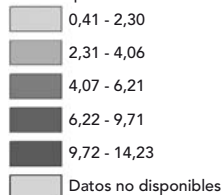
Tal como reflejan dos de los mapas elaborados en el proyecto *ReRisk*, existen importantes diferencias entre las regiones europeas con respecto a su vulnerabilidad ante el incremento de los precios energéticos. El mapa n.º 1 destaca el porcentaje de empleo en sectores con un alto coste energético, mientras el mapa n.º 2 refleja las diferencias entre los ingresos medios de los hogares en Europa (en paridades de poder de compra, pps)

Mapa n.º 1. **EMPLEO EN INDUSTRIAS CON ALTO GASTO ENERGÉTICO EN LAS REGIONES EUROPEAS, 2005**

Porcentaje de empleo en industrias con alto gasto energético

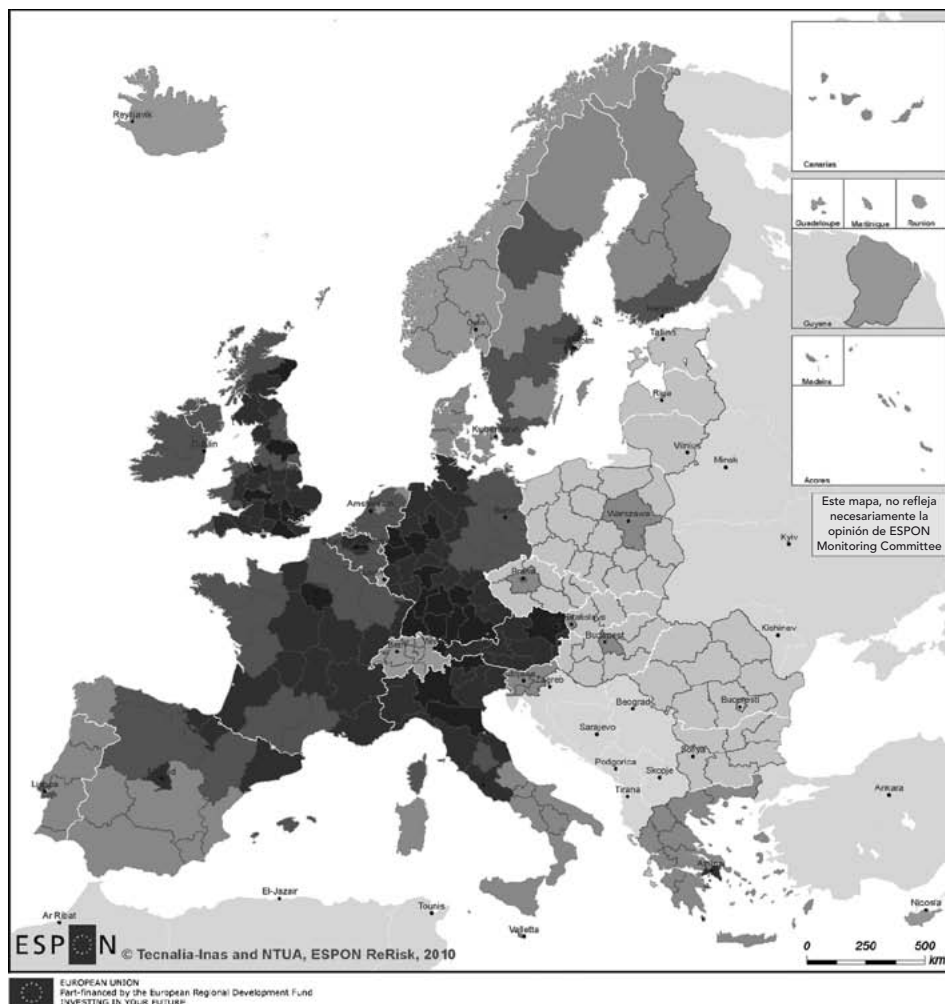


% de empleos



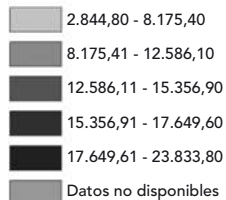
Fuente: Proyecto ESPON ReRisk.

Mapa n.º 2. **INGRESOS FAMILIARES MEDIOS EN LAS REGIONES EUROPEAS, 2005**



Regiones UE

Ingresos disponibles



Fuente: Proyecto ESPON ReRisk.

Regional level: NUTS 2
Source: NTUA processing, 2010
Origin of data: ESPON, 2009
© EuroGeographics Association for administrative boundaries

Como resultado de estos análisis, se han podido identificar cinco tipos de regiones con diferentes niveles de vulnerabilidad, pero también regiones con posibilidades para reubicarse de forma favorable debido a su potencial de desarrollo de fuentes energéticas renovables. Un conjunto de 47 regiones, principalmente situadas en el Este de Europa, se encuentran en la posición más débil por su desfavorable estructura industrial, sus importantes problemas sociales y una elevada demanda de calefacción. Sin embargo, también se perciben amenazas en las regiones más prósperas del Norte de Europa, muy dependientes de industrias de alta intensidad energética, así como en regiones con una considerable dependencia del transporte aéreo (islas y zonas periféricas, así como los grandes centros logísticos). Por el lado positivo, se pueden identificar regiones rurales o semi-rurales con posibilidades para desarrollar el turismo de cercanía, así como áreas con un importante potencial de desarrollo de energía solar y eólica.

Para elaborar recomendaciones políticas sobre las actuaciones que deberían emprender las regiones para afrontar el reto de altos precios energéticos no basta con el análisis de datos estadísticos que documentan la situación de partida. Se necesita información cualitativa adicional sobre la capacidad de maniobra que tienen las regiones dentro del marco de las políticas energéticas nacionales y europeas. Esta información se obtuvo mediante una encuesta a 41 agencias de energía regionales, de varios casos de estudios, así como de un amplio ejercicio de escenarios, elaborados en talleres con expertos en diferentes materias.

De esta forma, no sólo se ha podido formular una amplia lista de recomendaciones, sino que estas se han podido ordenar en función del perfil de vulnerabilidad de los diferentes tipos regionales. Así, resulta fundamental para las regiones industriales del Este de Europa disponer de «*benchmarks*» europeos del coste energético en los procesos industriales, mientras las regiones del Sur de Europa, con un importante potencial fotovoltaico, deberían activar éste mediante aplicaciones de refrigeración solar para evitar un auge del consumo por aire acondicionado, especialmente en zonas turísticas con importantes alzas de demanda de verano. Para este fin, podrían emplearse sistemas avanzados GIS para evaluar el potencial fotovoltaico que pueda integrarse en el medio ambiente construido, planificando de forma óptima el aprovechamiento del espacio urbano. Las políticas en este ámbito llegarían a ser mucho más eficaces si se combinan con mecanismos de financiación innovadores que permitan la participación activa de la ciudadanía en estos proyectos, considerando que en pocos años la energía fotovoltaica autogenerada será previsiblemente más barata para el consumidor que la suministrada por la red general.

Las regiones costeras, ya de por sí consideradas directamente vulnerables por los efectos del cambio climático en la elevación del nivel del mar, tendrán ante sí una importante labor de planificación para poder hacer compatible los diferentes usos del mar cerca de la costa, integrando tecnologías de energía marina en su producción de electricidad a partir de energías renovables.

Estas son algunas de las recomendaciones elaboradas en el contexto del estudio de prospectiva *ReRisk*, con las que se pretende ayudar a los responsables de política regional a tomar decisiones acertadas en una situación de elevada incertidumbre, partiendo de una hipótesis que parece confirmada: la del encarecimiento tendencial de la energía. Sin embargo, tal como se ha señalado en el apartado anterior de este artículo, cualquier apuesta que requiere el despliegue a gran escala de una tecnología nueva, deberá tener en cuenta que la escasez de energía no es el único condicionante del futuro.

En la fabricación de placas solares, por ejemplo, se utiliza el material rutenio, que resulta actualmente difícil de recuperar, y el muy escaso telurio, aunque en pequeñas cantidades (KTN, 2008). El rutenio figura entre los materiales con un riesgo de desabastecimiento muy alto, porque procede de regiones políticamente inestables y es difícil de sustituir, tal como se indica en el cuadro n.º 1.

Cuadro n.º 1. RIESGO DE DESABASTECIMIENTO DE MATERIALES

Matriz de seguridad de materiales: inestabilidad política frente a falta de sustituibilidad

		Material		
Riesgo de suministro: inestabilidad política en regiones suministradoras claves	3	Manganeso	Amoniaco, Antimonio, Arsénico, Asbesto, Barita, Bismuto, Borato, Boro, Cobalto, Diamantes, Europio, Fluorita, Gadolinio, Oro, Grafito, Holmio, Mercurio, Niquel, Osmio, Paladio, Plata, Talco, Terbio, Tungsteno, Zinc	Magnesio, Rutenio, Estroncio, Estaño
	2	Iridio	Andalucita, Bario, Bentonita, Berilio, Bromo, Cadmio, Diatomita, Feldespato, Galio, Caolín, Cianita, Plomo, Lutecio, Mica, Niobio, Perlita, Fosfato, Platino, Selenio, Silicio, Ceniza de soda, Telurio, Vanadio, Vermiculita	Rodio, Molibdeno, Germanio, Cromo, Hierro
	1	Aluminio, Cobre	Indio, Yodo, Litio, Potasio, Renio, Titanio	Zirconio
		1	2	2
		Riesgo de material: falta de sustituibilidad		

Fuente: KTN (2008).

En los aerogeneradores, se emplean magnetos con neodimio, una tierra rara que figura en la lista de los 14 materiales considerados más críticos por los expertos de la Comisión Europea (Comisión, 2008). Estos ejemplos ponen de relieve que si los estudios de prospectiva quieren llegar a ser una herramienta útil en los procesos de toma de decisiones, ya sea en la administración pública, en la industria o en los centros de investigación, en ellos deberán confluír información y análisis procedentes de diferentes disciplinas científicas y ámbitos administrativos.

5. CONCLUSIONES

Quedan todavía muchos interrogantes sobre el ritmo de agotamiento de los recursos naturales y las dinámicas que marcarán el proceso de transición en la economía y en la sociedad hacia un uso mucho más eficiente de los recursos, pero existen cada vez más indicios de que ya estamos plenamente inmersos en el mismo. Cabe preguntarse hasta qué punto la política, las empresas y la sociedad son conscientes del escenario de escasez y sus implicaciones para el modelo de producción y consumo actual. Si se asume que una gran parte de los recursos más básicos se están consumiendo a un ritmo insostenible y que los cuellos de botella se tienden a multiplicar, es previsible que los conflictos por el acceso a los recursos aumenten, tanto a escala mundial como dentro de los países. La pregunta que surge en este contexto es si esta evolución es inevitable o si la sociedad, las personas individuales y los agentes económicos y políticos tienen posibilidades de influir sobre ella. ¿Somos capaces de llevar a cabo las acciones necesarias para hacer realidad la idea de «hacer más con menos», siguiendo las ideas de los defensores de una eficiencia mucho mayor en el uso de recursos como las planteadas por Weizsacker (1998) bajo el título de «factor cuatro» o incluso «factor diez»? ¿Existen vías para una participación mayor de la sociedad en este proceso de transición o habrá que aceptar que se impongan ajustes dolorosos? ¿Y cuál puede ser la contribución de la prospectiva a la innovación social y tecnológica necesaria para hacer frente al escenario de escasez?

Esta última pregunta se puede contestar parcialmente, marcando unas pautas para la labor prospectiva. La complejidad de los procesos de sustitución y transformación que se están produciendo hace necesario un alto nivel de colaboración entre diferentes disciplinas científicas. El hecho de que se trata además de procesos dinámicos de oferta y demanda, influidos en cualquier momento por una infinidad de actores, obliga a que la prospectiva debe ir acompañada de una labor de vigilancia continua para poder reaccionar con rapidez ante nuevas señales de alarma. Los temas a vigilar son de tal amplitud que conviene aunar esfuerzos entre los centros de investigación europeos; afortunadamente ya se están dando las primeras iniciativas en este sentido. No obstante, es igualmente importante que la información contrastada fluya hacia las instituciones y personas inmersas en el proceso de transformación de la sociedad y de la economía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLEVELAND, C. y KUBISZEWSKI, I. (2006): «Energy Return on Investment (EROI) for Wind Energy».
- COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT SEC (2008): 2741 accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament and the Council (2008), «The Raw Materials Initiative — Meeting Our Critical Needs for Growth and Jobs in Europe».
- CONNER, S. (2009): «Warning: Oil supplies are running out fast», *The Independent*, 3/08/2009. <http://www.independent.co.uk/news/science/warning-oil-supplies-are-running-out-fast-1766585.html>
- EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE-GENERAL COMPETITION (2007): «DG Competition Report on Energy Sector Inquiry», Part I – IV.
- ESPON APPLIED RESEARCH PROJECT 2013/1/5 (2010), «ReRisk Regions at Risk of Energy Poverty. Final Report».
- GAINS, L. y NELSON, P. (2009): «Lithium-Ion Batteries: Possible Materials Issues», Argonne National Laboratory. <http://www.transportation.anl.gov/pdfs/B/583.PDF>
- HAMILTON, J. (2009): «Causes and Consequences of the Oil Shock of 2007-08», Department of Economics, UC San Diego. http://www.brookings.edu/economics/bpea/~media/Files/Programs/ES/BPEA/2009_spring_bpea_papers/2009_spring_bpea_hamilton.pdf
- HALL, C., BALOGH, S. y MURPHY, D. (2009): «What is the Minimum EROI that a Sustainable Society Must Have?». *Energies* 2009, 2, 25-47; doi:10.3390/en20100025
- KERSCHNER, C. y ARTO OLAIZOLA, I. (2009): «La economía vasca ante el techo del petróleo: una primera aproximación». *Ekonomiaz* n.º 71, 2009.
- KOOROSHY, J., MEINDERSMA, C., PODKOLINSKI, R., RADEMAKER, M., SWEIJS, T., DIEDEREN, A. BEERTHUIZEN, M., DE GOEDE, S. (2010): «Scarcity of Minerals. A strategic security issue» The Hague Centre for Strategic Studies No 02 | 01 | 10.
- KTN KNOWLEDGE TRANSFER NETWORK (2008): «Material Security. Ensuring resource availability for the UK economy».
- LAITNER, S. y SANSTAD, A. (2004), «Learning-by-doing on both the demand and the supply sides: implications for electric utility investments in a Heuristic model», *International Journal of Energy Technology and Policy*, Volume 2, Numbers 1-2 / 2004.
- LARDELLI, M. (2009a): «The developing scandal around the International Energy Agency and peak oil», 18/11/2009. <http://www.onlineopinion.com.au/view.asp?article=9698>
- (2009b): «The oil-economy connection», *Energybulletin* 25/11/2009. <http://www.energybulletin.net/node/50827>
- MACALISTER, T. (2009): «IEA «whistleblower» says peak oil nearing: report», *The Guardian*, 9/11/2009 <http://www.guardian.co.uk/environment/2009/nov/09/peak-oil-international-energy-agency>
- MARZO CARPIO, M. (2009): «La producción de petróleo y gas natural en el horizonte global del 2030». *Ekonomiaz* N.º 71.
- MILICI, R. (2008): «Coal-to-Liquids: Potential Impact on U.S. Coal Reserves», *Natural Resources Research*, Volume 18, Number 2 / junio de 2009.
- MOHR, S. (2010): «Projection of World Fossil Fuel Production with Supply and Demand Interactions». Thesis University of Newcastle, Australia.
- MONTGOMERY, D. (2008): «Air Force leads push to liquefied coal fuel», *Seattle Times*, 30/03/2008.
- MURPHY, D. (2009): «Further Evidence of the Influence of Energy on the U.S. Economy». <http://netenergy.theoildrum.com/node/5304>
- NYGREN, E. (2008): «Aviation Fuels and Peak Oil» (Thesis).
- PATZEK, T. y CROFT, G. (2010): «A global coal production forecast with multi-Hubbert cycle analysis». *Energy* 35 (2010) 3109-3122.
- SÖDERBERGH, B.; JAKOBSSON, K.; ALEKLETT, K. (2009): «European energy security: The future of Norwegian natural gas production», *Energy Policy*, Volume 37, Issue 12, December 2009, 5037-5055.
- TUKKER A., BUTTER, M., (2007): «Governance of sustainable transitions: about the 4(0) ways

- to change the world», *Journal of Cleaner Production* 15/2007.
- VELTE, D. (2009): «Evaluation Paper: Social Acceptance of New Energy Technologies and Energy Efficiency Measure». EFONET Deliverable 7.1. http://www.efonet.org/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=34&Itemid=41
- (2010): «Evaluation Paper – Policy Brief: Tools for Speeding Up Innovation in the Energy Sector». Disponible en breve en la página Web de EFONET.
- WEIZSACKER, E.U. (1998): «Factor Four. Doubling Wealth, Halving Resource Use - A Report to the Club of Rome».