

**REVISTA IBEROAMERICANA
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y
SOCIEDAD**



Dirección

Mario Albornoz (Centro Redes, Argentina)
José Antonio López Cerezo (OEI)
Miguel Ángel Quintanilla (Universidad de Salamanca, España)

Coordinación Editorial

Juan Carlos Toscano (OEI)

Consejo Editorial

Sandra Brisolla (Unicamp, Brasil), Fernando Broncano (Universidad Carlos III, España), Rosalba Casas (UNAM, México), Ana María Cuevas (Universidad de Salamanca, España), Javier Echeverría (CSIC, España), Hernán Jaramillo (Universidad del Rosario, Colombia), Tatiana Lascaris Comneno (UNA, Costa Rica), Diego Lawler (Centro REDES, Argentina), José Luis Luján (Universidad de las Islas Baleares, España), Bruno Maltrás (Universidad de Salamanca, España), Jacques Marcovitch (Universidade de São Paulo, Brasil), Emilio Muñoz (CSIC, España), Jorge Núñez Jover (Universidad de La Habana, Cuba), León Olivé (UNAM, México), Eulalia Pérez Sedeño (CSIC, España), Carmelo Polino (Centro REDES, Argentina), Fernando Porta (Centro REDES, Argentina), María de Lurdes Rodrigues (ISCTE, Portugal), Francisco Sagasti (Agenda Perú), José Manuel Sánchez Ron (Universidad Autónoma de Madrid, España), Judith Sutz (Universidad de la República, Uruguay), Jesús Vega (Universidad Autónoma de Madrid, España), José Luis Villaveces (Universidad de los Andes, Colombia), Carlos Vogt (Unicamp, Brasil)

Secretario Editorial

Manuel Crespo

Diseño y diagramación

Jorge Abot y Florencia Abot Glenz

Impresión

Artes Gráficas Integradas S.A

2

CTS - Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad
Edición cuatrimestral**Secretaría Editorial - Centro REDES**

Mansilla 2698, 2° piso
(C1425BPD) Buenos Aires, Argentina
Tel. / Fax: (54 11) 4963 7878 / 8811
Correo electrónico: secretaria@revistacts.net

ISSN 1668-0030

Número 20, Volumen 7

Buenos Aires, Abril de 2012

La Revista CTS es una publicación académica del campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Publica trabajos originales e inéditos que abordan las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, desde una perspectiva plural e interdisciplinaria y una mirada iberoamericana. La Revista CTS está abierta a diversos enfoques relevantes para este campo: política y gestión del conocimiento, sociología de la ciencia y la tecnología, filosofía de la ciencia y la tecnología, economía de la innovación y el cambio tecnológico, aspectos éticos de la investigación en ciencia y tecnología, sociedad del conocimiento, cultura científica y percepción pública de la ciencia, educación superior, entre otros. El objetivo de la Revista CTS es promover la reflexión sobre la articulación entre ciencia, tecnología y sociedad, así como ampliar los debates en este campo hacia académicos, expertos, funcionario y público interesado. La Revista CTS se publica con periodicidad cuatrimestral.

La Revista CTS está incluida en:

Dialnet
EBSCO
International Bibliography of the Social Sciences (IBSS)
Latindex
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe (REDALYC)
SciELO

La Revista CTS forma parte de la colección del Núcleo Básico de Revistas Científicas Argentinas.



REVISTA IBEROAMERICANA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Índice

Editorial 5

Artículos 9

Un análisis exploratorio de la percepción pública de los biocombustibles
An exploratory analysis of public perceptions of biofuels
Christian Oltra y Virginia Priolo 11

Acceso y procesamiento de información sobre problemas científicos con relevancia social: limitaciones en la alfabetización científica de los ciudadanos 3
Access and information processing of socially relevant scientific problems: limitations related to citizens' scientific literacy
Víctor Jiménez y José Otero 29

Prácticas efectivas y conocimientos parciales: negociaciones en torno a la "hipótesis del colesterol"
Effective practices and partial knowledge: negotiations around the "cholesterol hypothesis"
Rebeca Ibáñez Martín 55

Dossier
Nanobiotecnología y sociedad 85

El actual monográfico está dividido en un texto introductorio (a cargo de José Manuel de Cózar) y tres bloques temáticos:

- (1) Terapias, bioética y bioeconomía
- (2) Percepción y comunicación
- (3) Evaluación y asesoramiento

Presentación
José Manuel de Cózar Escalante y Javier Gómez Ferri 87

	Dimensiones de la investigación social sobre la nanobiotecnología <i>Dimensions of social research on nanobiotechnology</i>	
	José Manuel de Cózar Escalante	91
	(1) La terapia génica cerebral: conquista y horizonte de lo ‘nano’ <i>Brain gene therapy: triumph and future of nanotechnology</i>	
	Rafael Castro	111
	(1) El riesgo moral: los límites de la vida humana y la democratización de la ética <i>Moral risk: the limits of human life and the democratization of ethics</i>	
	Gabriel Bello Reguera	129
	(1) Ciencia, neoliberalismo y bioeconomía <i>Science, neoliberalism and the bioeconomy</i>	
	Vincenzo Pavone	145
	(2) Lo que sabemos e ignoramos: del conocimiento cotidiano a la comprensión de la tecnociencia <i>What we know and what we do not know: from common knowledge to the comprehension of technoscience</i>	
	Clara Barroso	163
4	(2) La comprensión pública de la nanotecnología en España <i>Public understanding of nanotechnology in Spain</i>	
	Javier Gómez Ferri	177
	(2) La comprensión pública de la biotecnología. El caso de los alimentos transgénicos en cursos de posgrado <i>Public understanding of biotechnology. The case of GM food in postgraduate courses</i>	
	José M. Cabo, Carmen Enrique y Marianela Morales	209
	(3) La mesa de tres patas o cómo negociar el arcoíris: plataformas de preocupación de la nanotecnología <i>The three legged table, or how to negotiate the rainbow: NANOMAC and the platforms of preoccupation on nanotechnology</i>	
	Juan Sánchez García	225
	(3) Asesoramiento de tecnologías en tiempo real: nacimiento y primeros pasos del proyecto NANOMAC <i>Technology advice in real time: birth and first steps of the NANOMAC project</i>	
	Andrés M. Núñez Castro	243
	(3) Aprendiendo del futuro: gobernando la nanotecnología <i>Learning from the future: Governing Nanotechnology</i>	
	Anna García Hom	261

Como procura hacer desde que fue fundada, la *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad* (CTS) brinda a sus lectores los medios indispensables para tender puentes hacia los más actuales materiales de análisis y discusión en el ámbito de la ciencia, la tecnología y la sociedad en Iberoamérica. Esta ambición se renueva una vez más con la aparición de este vigésimo número, cuyo monográfico está dedicado a un tema de extrema relevancia hoy en día: la compleja relación entre las nanobiotecnologías y la sociedad. Pero de eso hablaremos en profundidad más adelante.

La sección *Artículos*, integrada en esta oportunidad por tres trabajos de autores de distinta procedencia, queda inaugurada con “Un análisis exploratorio de la percepción pública de los biocombustibles”, texto firmado por Christian Oltra y Virginia Priolo. Los autores - procedentes del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)- realizaron un estudio que tuvo como objetivo el análisis exploratorio de la percepción de los ciudadanos informados sobre el tema mencionado en el título, así como también el razonamiento subyacente a sus creencias y actitudes. El segundo artículo, “Acceso y procesamiento de información sobre problemas científicos con relevancia social: limitaciones en la alfabetización científica de los ciudadanos”, a cargo de Víctor Jiménez y José Otero, investigadores de la Universidad de Alcalá, se centra en la interacción entre el público y el conocimiento indispensable para entender situaciones problemáticas de tipo tecnocientífico. A modo de conclusión, los autores apuntan algunas variables con posible influencia en las dificultades encontradas: las características de los sistemas de información, las características de la información y la propia disposición y capacidades de los ciudadanos al lidiar con ella. En el texto que cierra la sección, “Prácticas efectivas y conocimientos parciales: negociaciones en torno a la ‘hipótesis del colesterol’”, Rebeca Ibáñez Martín (Centro de Ciencias Humanas y Sociales) contextualiza la aparición en el mercado estadounidense de una margarina a base de ciertos ácidos grasos que es capaz de reducir el colesterol. La teoría que indica que un alto colesterol supone un factor de riesgo para desarrollar una enfermedad coronaria, nos dice la autora, es un claro ejemplo de la ardua relación que mantienen la investigación, la industria y los propios consumidores al participar de un proceso de coproducción del conocimiento.

El monográfico de este número, titulado *Nanobiotecnología y sociedad*, presenta un cúmulo de análisis y perspectivas para mostrar las múltiples formas en que el desarrollo de las innovaciones nanobiotecnológicas puede, como se indica en la presentación del dossier, “cambiar las vidas de las personas en un futuro próximo”. Las nanotecnologías y las biotecnologías convergen en la escala de los átomos y moléculas. La posibilidad de alcanzar un mayor conocimiento y control de la materia a esa escala concentra un gigantesco potencial transformador, tanto en términos económicos (para quienes sepan explotar ese potencial) como de bienestar (para todos nosotros). Sin embargo, existen riesgos y dilemas éticos, políticos y sociales que es preciso dilucidar.

Los textos que integran el dossier fueron llevados a cabo con una orientación netamente multidimensional e interdisciplinar, tanto en lo que compete a los puntos de vista asumidos como a las temáticas abordadas. El monográfico se abre con un artículo introductorio firmado por José Manuel de Cózar Escalante, de la Universidad de La Laguna, y está estructurado en bloques que se reparten el resto de los trabajos:

- i. Terapias, bioética y bioeconomía
- ii. Percepción y comunicación
- iii. Evaluación y asesoramiento

El texto introductorio, “Dimensiones de la investigación social sobre la nanobiotecnología”, tiene, como es previsible, una intención explícitamente panorámica. De Cózar despliega para los lectores un recorrido por los distintos temas nanobiotecnológicos que se sitúan en el dominio de la investigación social. Tras una descripción de la nanobiotecnología y sus diversos campos, el autor contrasta las dimensiones mencionadas en el título a partir de distintas cuestiones: análisis y gestión de los riesgos, la diseminación de resultados y su comprensión pública, los procesos de transferencia de las nanobiotecnologías, aspectos bioéticos y biopolíticos relacionados con ellas y su sostenibilidad inherente.

El primer bloque recoge aspectos relativos al significado e impacto de las nuevas posibilidades terapéuticas de las nanobiotecnologías, que tienen una gran incidencia en los planos bioético y biopolítico. “La terapia génica cerebral: conquista y horizonte de lo ‘nano’”, artículo a cargo de Rafael Castro (Universidad de La Laguna), está dedicado a examinar los avances de las nanotecnologías en la mejora de las terapias que tratan las enfermedades neurológicas, concluyendo con unas consideraciones de carácter más general sobre el necesario equilibrio entre necesidades humanas, investigación científica e innovación. En “El riesgo moral: los límites de la vida humana y la democratización de la ética”, Gabriel Bello Reguera (Universidad de La Laguna) plantea un riesgo poco tenido en cuenta en comparación con otros que han tenido mayor exposición: el riesgo moral producido por las nuevas prácticas biotecnológicas. Bello Reguera emprende un estudio de la discusión entre la biología precientífica y la biología científica, para concluir que el enfoque performativo de la identidad humana puede resolver las dificultades suscitadas por ambas orientaciones. El último trabajo de este primer bloque, “Ciencia, neoliberalismo y bioeconomía”, tiene como autor a Vincenzo Pavone (Instituto de Políticas y Bienes

Públicos, Consejo Superior de Investigaciones Científicas), quien extiende un mapa del imaginario y de los objetivos de la bioeconomía, desnudando así las implicaciones políticas-sociales que supone el cambio hacia ese sistema económico.

El segundo bloque del dossier está dedicado a la difusión, la comunicación y la comprensión públicas de la nanobiotecnología. En “Lo que sabemos e ignoramos: del conocimiento cotidiano a la comprensión de la tecnociencia”, Clara Barroso (Universidad de La Laguna) destaca la importancia de los componentes y procesos de actualización del conocimiento, que deben operar en contextos sociales amplios para alcanzar a una ciudadanía cualificada que sepa valorar la deseabilidad social de las nuevas tecnologías en la vida diaria, la nanotecnología entre ellas. Javier Gómez Ferri, profesor de la Universitat de València y autor del trabajo “La comprensión pública de la nanotecnología en España”, entrega un cuadro de situación acerca de las investigaciones realizadas sobre comprensión pública de la nanotecnología, tema hasta ahora inédito en el país ibérico. Por su parte, José Manuel Cabo Hernández (Universidad de Granada), Carmen Enrique Mirón (Universidad de Granada) y Marianela Morales Calatayud (Universidad de Cienfuegos) describen los pormenores y las derivaciones de una intervención didáctica en la institución cubana y evalúan el uso de la metodología de análisis de controversias socio-tecnológicas -en este caso: producción y consumo de alimentos transgénicos- en cursos de posgrado. El título del artículo que cierra este bloque es, justamente, “La comprensión pública de la biotecnología. El caso de los alimentos transgénicos en cursos de posgrado”.

El último bloque afronta la evaluación de las nanobiotecnologías desde planteamientos metodológicos novedosos. El artículo de Juan Sánchez García (Universidad de La Laguna), “La mesa de tres patas o cómo negociar el arcoíris: plataformas de preocupación de la nanotecnología”, repasa la experiencia de un proyecto de nanociencia, nanotecnología y materiales avanzados (NANOMAC) desarrollado en las Islas Canarias. De este mismo proyecto se aferra Andrés Núñez Castro (Universidad de La Laguna) en su texto “Asesoramiento de tecnologías en tiempo real: nacimiento y primeros pasos del proyecto NANOMAC”, con el objetivo de ejemplificar las metodologías constructivas de evaluación de estas tecnologías. Estas metodologías no sólo mejoran la cooperación y facilitan la reflexividad de los actores implicados, sino que también pueden ayudar a una democratización de las nanobiotecnologías. La última contribución, “Aprendiendo del futuro: gobernando la nanotecnología”, a cargo Anna García Hom (Universitat Autònoma de Barcelona), distingue entre riesgo y peligro nanotecnológico para señalar el entramado de construcción social, económica y política de los desarrollos nanotecnológicos. A modo de conclusión, la autora formula un modelo de gestión de gobernanza anticipatoria para abordar un futuro que se presenta incierto y complejo.

Los que trabajamos en *CTS* deseamos que estos trabajos sean de interés para el lector, tanto para el que ya está familiarizado con los temas tratados en ellas como para quien se acerca a ellos por primera vez. Hasta el próximo número.

Los directores

ARTÍCULOS *CS*

Un análisis exploratorio de la percepción pública de los biocombustibles

An exploratory analysis of public perceptions of biofuels

Christian Oltra y Virginia Priolo *

El despliegue de los biocombustibles ha generado una controversia significativa en el ámbito de la energía, la agricultura y el medio ambiente. Distintos gobiernos y organizaciones en todo el mundo han abogado por el desarrollo de biocombustibles, dada su potencial contribución en la reducción de emisiones y en la mejora de la seguridad energética. Pero la oposición a los biocombustibles y el cuestionamiento de su sostenibilidad social y ambiental han crecido en los últimos años. En este contexto, y ante la necesidad de mejorar la implicación del público con las tecnologías energéticas, este artículo muestra los resultados de un estudio sobre las percepciones de los ciudadanos españoles acerca de los biocombustibles. El estudio tuvo como objetivo el análisis exploratorio de la percepción de los ciudadanos informados, así como también el razonamiento subyacente a sus creencias y actitudes. El estudio muestra una asociación inicial positiva de los biocombustibles a un combustible limpio y natural que es mitigada por las preocupaciones de los participantes en torno al uso práctico de los biocombustibles y sus impactos sociales y medioambientales. Las reacciones de los participantes en el estudio muestran la necesidad de diferenciar entre diversos grupos de públicos con visiones y reacciones diferentes a la información sobre los beneficios y costes de los biocombustibles.

11

Palabras clave: biocombustibles, percepción pública, actitudes, grupos de discusión

The deployment of biofuels has generated a significant controversy in the energy, agricultural and environmental fields. Governments and promoters around the world have advocated for the development of biofuels based on their potential contribution to emissions reduction and energy security. But opposition to biofuels has grown in the last years. Environmental NGO's and other stakeholders have called for a review of the environmental and social sustainability of energy crops. This controversy has characterized the public debate around biofuels. In this context, and given the need to improve public involvement in energy technologies, this article reports an investigation of Spanish citizens' perceptions about biofuels. The authors investigated the perceptions of informed citizens and the reasoning basis underlying those beliefs and attitudes. The study finds an initial positive association of biofuels with a clean and natural fuel that is mitigated by participants' concerns on the practical usage of biofuels and its social and environmental impact. The participants' reactions show the need to differentiate among the diverse groups of publics holding differing views and reactions to information on the benefits and costs of biofuels.

Key words: *biofuels, public perception, attitudes, focus groups*

* Christian Oltra es investigador por el Centro de Investigación Sociotécnica, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Barcelona, España. Correo electrónico: christian.oltra@ciemat.es. Virginia Priolo es estudiante de doctorado, Unidad mixta: Universidad de Barcelona y CIEMAT, Barcelona, España. Correo electrónico: virginiaPriolo@yahoo.it.

Introducción

El despliegue de los biocombustibles en Europa y Estados Unidos ha generado una gran controversia pública en los últimos años (Mol, 2007). La generación de combustibles procedentes de cultivos energéticos puede contribuir a la seguridad energética y a la reducción de emisiones, al disminuir el uso de combustibles fósiles. Sin embargo, el impacto de estos cultivos en los ecosistemas y comunidades locales, así como en los precios de los alimentos ha planteado la necesidad de una evaluación cuidadosa de su sostenibilidad social y ambiental antes de incrementar el apoyo público a los mismos (Banco Mundial, 2008; Comisión Europea, 2010). La controversia en torno a las ventajas y los riesgos de los biocombustibles se ha convertido en una cuestión esencial del debate en torno al medio ambiente, la agricultura y la energía (Mol, 2007). Gobiernos en todo el mundo han promovido el desarrollo de los biocombustibles y defendido su potencial como estrategia de mitigación del cambio climático y fuente de energía renovable (Cotula et al, 2008). Pero, por otro lado, las medidas políticas destinadas a incentivar el uso de biocombustibles han sido criticadas por organizaciones medioambientales, así como por investigadores y otros *stakeholders* locales y nacionales. El debate público en torno al desarrollo de los biocombustibles ha reflejado la existencia de riesgos e incertidumbres reales derivados de los cultivos energéticos así como la existencia de creencias, intereses y valores diferentes en torno a la tecnología y su papel en nuestro sistema energético.

12

La aceptación social de las tecnologías energéticas (Wüstenghagen et al, 2007) puede considerarse como una conjunción de aceptación socio-política, por el público y los responsables políticos, aceptación por el mercado, donde el biocombustible puede hacerse un hueco entre los combustibles convencionales y aceptación local, cuando se plantean instalaciones de bioenergía en comunidades concretas. Como ha documentado la investigación en percepción del riesgo tecnológico, las reacciones públicas ante las tecnologías emergentes (por ejemplo, los organismos genéticamente modificados o la nanotecnología) pueden variar desde el entusiasmo a la preocupación o el rechazo (Renn, 1998) y afectar al desarrollo de la tecnología. Los distintos públicos pueden diferir en el riesgo percibido derivado de la tecnología, presentar creencias específicas sobre las motivaciones de los promotores de las tecnologías así como tener expectativas opuestas sobre la tecnología. La diferencia entre expertos e individuos no expertos no reside únicamente, por tanto, en el menor conocimiento técnico, sino en una valoración diferencial en distintas dimensiones cualitativas del riesgo (familiaridad con el mismo, carácter natural o tecnológico, potencial catastrófico, justicia en su distribución) (Renn, 2008), así como en orientaciones culturales y estilos de vida diferentes (Wildavsky, 1987). Estas diferencias se trasladan y dificultan, de modo frecuente, el debate público sobre la tecnología.

En términos generales, los biocombustibles no plantean riesgos o beneficios personales directos para los individuos, aunque sí beneficios y riesgos para el medio ambiente y el conjunto de la sociedad (Van de Velde et al, 2010). Esta situación se ha traducido en la existencia de distintas preocupaciones sociales en torno al uso de los biocombustibles. En el ámbito no experto, las escasas investigaciones documentadas

así como el presente estudio ponen de manifiesto que la familiaridad con los biocombustibles entre el público general es muy reducida (Rohracher, 2010). La mayor parte de los individuos poseen una comprensión muy limitada de los biocombustibles (Wegener y Kelly, 2008; Savvanidou et al, 2010). Muchos de ellos no están preocupados por las implicaciones medioambientales, económicas o sociales de los biocombustibles, aunque sí por las implicaciones prácticas.

Sin embargo, la percepción pública suele estar sometida a fenómenos de amplificación o atenuación del riesgo (Kasperson y Kasperson, 2005) y distintos eventos o señales pueden afectar de modo significativo a su configuración. Los stakeholders en el ámbito de la bioenergía favorables al desarrollo de los biocombustibles parecen preocupados por la necesidad de mejorar la percepción pública de la bioenergía (Rohracher, 2010). Se considera que una mayor transmisión de información al público sobre los impactos positivos de los biocombustibles puede mejorar la aceptación social (Savvanidou et al, 2010). Sin embargo, se desconoce con exactitud si esta percepción pública negativa existe, así como los motivos de la misma y sus posibles repercusiones en el despliegue de los biocombustibles. A estas cuestiones pretende dar respuesta el presente trabajo.

El debate en torno al biocombustible también se ha producido en España. Según datos ofrecidos por Global Biofuels Center en su página web, así como por informes de consultorías privadas (Torres y Carrera, 2010), España es uno de los cinco principales productores de biodiesel en el mundo. En términos de consumo, España es el cuarto país de la UE, con un crecimiento muy significativo desde 2005. El cumplimiento de la Directiva Europea de Energías Renovables de 2009 ha llevado al Gobierno español a promover el uso de los biocombustibles. En los últimos dos años, distintas iniciativas legislativas han promovido el desarrollo de la producción de biocombustibles a partir de cuotas de obligación. Sin embargo, el sector del biocombustible en España se enfrenta a dificultades significativas (Infinita Renovables, 2010) derivadas, entre otros motivos, de una baja demanda, el alto coste de las materias primas y las importaciones de biodiesel más barato de otros países, que se han traducido en paradas en el funcionamiento de una gran parte de las plantas de biomasa.

El debate en torno a los biocombustibles se ha caracterizado por la presencia de distintos argumentos e ideas que, esgrimidas por actores estratégicos en la UE y Estados Unidos, han tratado de influir en la configuración de los biocombustibles como una solución al problema de la dependencia energética y la reducción de emisiones (Houle, 2010). Estos discursos o ideas políticas han influido en el debate público y las estrategias políticas respecto a las energías renovables de distintos países. Con el objetivo de explorar los posibles impactos de estos argumentos en la percepción pública de los biocombustibles así como de contextualizar esta percepción, resulta de interés sistematizar los argumentos e ideas utilizados por cada actor en el debate público en España. En la **Tabla 1** se refleja de modo esquemático la posición de cada actor frente al desarrollo de los biocombustibles, así como los principales argumentos en los que basan su posición. Los datos se han obtenido de un análisis documental exploratorio y no obedecen a un análisis exhaustivo empírico de la actitud de los *stakeholders*.

Tabla 1. Posiciones y argumentos de los actores principales en el debate en torno a los biocombustibles

Actor	Posición	Argumentos
Productores de energía renovable	Promoción de la tecnología y defensa de mecanismos políticos para su promoción	<ul style="list-style-type: none"> ⟨ El biocombustible es indispensable en la lucha contra el cambio climático ⟨ Es necesario para la seguridad energética ⟨ Su desarrollo supone crear riqueza en el medio rural español ⟨ Los biocombustibles no poseen impactos ambientales o sociales negativos
Organizaciones ecologistas locales	A favor de los biocombustibles generados a partir de cultivos basados en la agricultura de conservación o ecológica	<ul style="list-style-type: none"> ⟨ El biocombustible reduce las emisiones de CO2 y de otros contaminantes ⟨ Se favorece el desarrollo socio-económico de las zonas agrícolas
Organizaciones ecologistas	<p>A favor de frenar la producción de biocombustibles de primera generación</p> <p>A favor de cierta promoción de los biocombustibles de segunda generación</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⟨ Los biocombustibles sostenibles pueden incrementar el papel de la bioenergía en la producción de energía primaria. ⟨ Los biocombustibles de primera generación no reducen las emisiones de CO2. Son una falsa solución al cambio climático ⟨ Los biocombustibles destruyen los ecosistemas locales y perjudican a las comunidades locales
Gobierno	<p>Aplicación de la Directiva Europea</p> <p>Protección y estímulo al desarrollo de los biocombustibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> ⟨ Es necesario el fomento de la energía de fuentes renovables en el transporte para reducir la dependencia energética, reducir las emisiones de CO2 y generar competitividad económica a través de la innovación.
Empresas petroleras	Contrarios a las ayudas públicas a los biocombustibles	<ul style="list-style-type: none"> ⟨ La promoción del biodiesel incrementa el precio del combustible

Fuente: elaboración propia a partir de un análisis documental exploratorio

El análisis muestra la diversidad de argumentos que compiten por dirigir la reacción social frente a los biocombustibles. Desde las organizaciones promotoras (Appa, 2007; Contreras, 2008) se ha defendido la eficiencia energética y ambiental de los biocombustibles y cuestionado con énfasis los impactos sociales y ambientales

negativos. Desde el gobierno se ha enfatizado la contribución de los biocombustibles en la lucha contra el cambio climático y la seguridad energética. La posición de las organizaciones ecologistas es diversa. Algunas organizaciones locales (véase el artículo de Daniel López en la página web de Ecologistas en Acción de Andalucía) han enfatizado el papel de los biocombustibles en el desarrollo socioeconómico de las zonas agrícolas si se garantiza la sostenibilidad de los cultivos. Organizaciones como WWF han manifestado su apoyo al despliegue de los biocombustibles si se realiza una evaluación previa de la sostenibilidad de los cultivos energéticos. Otras organizaciones como Greenpeace (como se muestra en la página web de Greenpeace del Reino Unido) han considerado el desarrollo de los biocombustibles de primera generación (producidos a partir de biomasa procedente de conreos comestibles como el maíz, la palma, la soja o la caña de azúcar) como una estrategia equivocada por sus impactos en las comunidades locales y la deforestación. Las empresas petroleras han argumentado recientemente que los costes de los combustibles se han incrementado con la promoción de los biocombustibles (nota de prensa de UPI, febrero de 2011).

Se desconoce la influencia de estos discursos e ideas en la percepción pública de los biocombustibles. Más allá de los esfuerzos de las organizaciones promotoras por mejorar la percepción pública de los biocombustibles (Rohracher, 2010) resulta de interés analizar la comprensión y las creencias públicas existentes en torno a los biocombustibles, así como el razonamiento subyacente a las creencias y actitudes de los individuos. La comunicación entre expertos y público general juega un papel esencial en la mejora de la cultura científica de las sociedades avanzadas. Incrementar la comprensión pública del papel de los biocombustibles en la estrategia energética requerirá, entre otras cosas, de una mayor difusión de información adaptada a las necesidades y creencias de los individuos. En este sentido, el objetivo del artículo es explorar las creencias de los individuos no expertos sobre los biocombustibles, analizar el modo en que los argumentos utilizados por los distintos *stakeholders* contribuyen a la configuración de la actitud de los individuos no expertos y explorar las dificultades en la comprensión que poseen los individuos ante la tecnología.

15

1. Percepción pública de los biocombustibles

Existen pocos estudios en la literatura que hayan analizado la percepción y aceptación pública de los biocombustibles. Los impactos socio-económicos y medioambientales, así como a los aspectos políticos y regulatorios derivados del desarrollo de los biocombustibles de primera generación han sido objeto de estudio de informes desde distintas organizaciones públicas y privadas (UNEP, 2009), así como de la literatura académica (Cotula et al, 2008; Pin Koh y Ghazoul, 2008; Searchinger et al, 2008). Asimismo, se han realizado estudios sobre la aceptación social de la bioenergía y las instalaciones de plantas de biomasa en localidades específicas (Upham y Shackley, 2007). Pero la cuestión de la percepción pública y los modelos mentales existentes en los individuos respecto a los biocombustibles ha recibido escasa atención (Rohracher, 2010).

Un estudio a partir de encuesta a una muestra representativa de la población de EE.UU. (Wegener et al, 2008) ha mostrado que la actitud general hacia los biocombustibles es positiva. A pesar del reducido conocimiento entre los ciudadanos sobre los biocombustibles, la utilización de biocombustibles como el etanol se considera una buena idea por una gran parte de la población, así como la utilización de distintos materiales, incluidos los modificados genéticamente, para su producción. La mayoría de los participantes considera que posee información insuficiente sobre los biocombustibles. Aunque no se dispone de estudios similares en otros países, es interesante cómo las percepciones pueden variar entre contextos culturales y sociales distintos.

La escasa familiaridad de los ciudadanos con los biocombustibles es común en otros países. La investigación de Savvanidou et al. (2010) en Grecia, dirigida a explorar la comprensión de los biocombustibles y su aceptación en términos de disponibilidad a pagar, muestra que aunque la mayoría de los participantes relaciona el cambio climático con el consumo de combustibles fósiles, tan solo la mitad piensa en los biocombustibles como solución al problema. En este sentido, los autores argumentan que el conocimiento público tan limitado de los biocombustibles puede incidir en una menor aceptación pública.

Uno de los estudios más destacados de percepción pública es el realizado por Van de Velde et al. (2010) sobre la búsqueda de información por individuos no expertos en torno a los biocombustibles, así como el papel que juega la confianza en las organizaciones en la percepción. Los autores, a partir de un análisis de encuesta, concluyen que los ciudadanos tienden a percibir los biocombustibles como más caros que los combustibles convencionales. Los participantes muestran un alto interés por las ventajas medioambientales de los biocombustibles y las posibilidades de uso del biocombustible en los coches actuales. Por el contrario, muestran un nivel bajo de interés por los posibles efectos de los biocombustibles en la economía global.

Estudios recientes en EE.UU. (Binder et al, 2011; Cacciatore et al, 2010a, 2010b) han analizado la percepción de beneficios y costes de los biocombustibles por el público no experto, así como el papel que las imágenes mentales previas, la afiliación política o la atención a los medios de comunicación puede jugar en esta percepción. El estudio, realizado en uno de los estados productores de biocombustibles, muestra que, de media, se perciben más beneficios que riesgos de los biocombustibles. La mayoría de los participantes se muestran ambivalentes y consideran que los beneficios y los riesgos son equivalentes. Sólo una minoría de los participantes considera que los riesgos son mayores que los beneficios. De los riesgos planteados, el que más preocupación genera entre los participantes es que los biocombustibles puedan producir un incremento en los precios de los alimentos. Entre los distintos hallazgos de estos estudios se muestra que aquellos individuos que asocian automáticamente los biocombustibles con el maíz, la alimentación o el etanol tienden a percibir menos beneficios económicos, sociales y políticos de los biocombustibles.

En general, dada la limitada comprensión y familiaridad del público con la tecnología, es posible que las creencias de los individuos, en principio inestables, puedan verse muy afectadas por procesos de amplificación o atenuación (Kasperson

y Kasperson, 2005). La influencia de eventos de alta señal (por ejemplo, la vinculación del cultivo de biocombustibles con el desalojo de comunidades indígenas en Tanzania) amplificada por actores sociales y medios de comunicación puede tener un impacto significativo sobre las creencias de los individuos y la aceptación pública de la tecnología. El énfasis en la marca bio se puede considerar, también, un esfuerzo por amplificar los beneficios de los biocombustibles en la percepción de los individuos, determinada en ciertas situaciones por asociaciones automáticas (Galdi et al, 2008), así como por razonamientos basados en la marca (Walls et al, 2004; Horlick-Jones et al, 2007).

2. Diseño del estudio

El estudio, de carácter exploratorio y aplicado, se basa en la aplicación de grupos de discusión con ciudadanos no expertos. Aunque los grupos de discusión empiezan a implementarse en el ámbito de la investigación de mercado y la investigación médica, en los últimos años han mostrado su relevancia para el estudio de la percepción social de las nuevas tecnologías (Macoubrie, 2006). Se ha documentado que permiten obtener un conocimiento profundo de la comprensión que los ciudadanos tienen de las tecnologías emergentes, las preocupaciones que les provocan, la percepción que tienen de las mismas, así como explorar el grado de consenso y los argumentos sobre su aceptabilidad.

El hecho de que la información técnica que acostumbran a tener los ciudadanos sobre tecnologías emergentes sea muy limitada, justifica la aplicación de grupos de discusión, así como de técnicas más interactivas y deliberativas orientadas a acceder a las actitudes públicas frente las tecnologías (Owens & Driffil, 2008). Mediante grupos de discusión es posible profundizar en aspectos que no serían accesibles mediante otros métodos más cerrados como la encuesta. Otra idea subyacente a esta técnica de investigación es que el proceso de interacción y el suministro de información técnica y contextual puede ayudar a las personas a explorar y clarificar sus puntos de vista de una forma más sencilla que mediante otras técnicas.

2.1. Muestra

En el presente estudio se han llevado a cabo tres grupos de discusión realizados en el segundo semestre de 2010 en Barcelona, España. La captación de los participantes se hizo por muestreo propositivo con el objetivo de balancear la muestra por variables de tipo demográfico y socio-económico: género, edad y nivel de estudios. La captación fue realizada por una consultora especializada. Los dos primeros grupos fueron integrados por población general. El tercer grupo estuvo constituido por ciudadanos que habían oído hablar de los biocombustibles. El sexo y la edad se diversificaron en los grupos de forma que se procuró que el número de hombres y el de mujeres fuera equivalente y también la edad, incluyendo en cada grupo un número parecido de personas de cada rango de edad (de 18 a 34 años, de 35 a 54 años y 55 o más). El nivel de estudios se sabe que guarda relación con la participación en los grupos de discusión. Por ello, en este caso, se consideró más adecuado homogeneizar los grupos y poner personas con niveles de estudio

similares en cada uno de ellos. La muestra total comprende un total de 23 individuos, el 43% de los cuales eran mujeres. Las variables descriptivas de la muestra pueden verse en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Variables descriptivas de la muestra

Grupo	Lugar	Nº de participantes	Nivel estudios	Edad	Género
1	Barcelona	8	Universitarios	26-53	4 mujeres 4 hombres
2	Barcelona	7	No universitarios	25-55	4 mujeres 3 hombres
3	Barcelona	8	Mixto	27-54	3 mujeres 5 hombres

2.2. Procedimiento

La presentación e introducción de los grupos, así como el guión de los mismos, se elaboró a partir de las recomendaciones de Morgan y Krueger (1998). Sin embargo, y a diferencia de los grupos de discusión convencionales, se utilizaron materiales de estímulo (un ejercicio de distribución de recursos y un vídeo breve) para generar una discusión más rica y sustantiva. La realización del grupo se basó en una guía temática que permitió estructurar la discusión grupal en torno a las áreas de interés del proyecto. Las temáticas principales que se exploraron fueron las siguientes:

- Percepción del problema energético y sus implicaciones en el ámbito del transporte
- Reacción inicial a los biocombustibles
- Comprensión de los biocombustibles
- Percepción de beneficios
- Percepción de inconvenientes
- Comprensión de los biocombustibles de segunda generación (no derivados de cultivos alimentarios, por ejemplo: cultivos de microalgas)

El procedimiento fue idéntico en todos los grupos de discusión. Al inicio de las sesiones de grupo, los investigadores comentaron brevemente el propósito del estudio y garantizaron la confidencialidad de los datos recogidos. Se les pidió a los asistentes que rellenaran y firmaran una hoja de consentimiento informado de la participación en el estudio. Además se pidió permiso para poder grabar en audio las reuniones.

Las sesiones tuvieron una duración aproximada de 1 hora y 30 minutos y se dividieron en dos partes diferenciadas. Durante la primera parte se discutió la cuestión general de la energía y sus implicaciones en la vida cotidiana y el ámbito del transporte. A continuación, se hacía entrega de una breve noticia acerca de los biocombustibles (El Biodiesel: La alternativa al alcance del consumidor) con el intento de explorar las reacciones iniciales de los participantes frente al tema. En cada uno de los grupos el moderador logró que las discusiones siguieran un patrón general con el objetivo de explorar las ideas previas sobre los biocombustibles.

La segunda parte se iniciaba con un breve documental de cinco minutos sobre los biocombustibles. El video, elaborado por un canal de televisión local, tiene un carácter neutro-positivo. Se trata de una introducción a los biocombustibles en la que se abordan los principales beneficios de los biocombustibles y los retos en su producción. La mayor parte del vídeo consiste en una entrevista con una científica especializada en biocombustibles. A continuación, se hacía entrega a los participantes de una viñeta con afirmaciones características del debate acerca de los biocombustibles. Esta viñeta presenta la posición de seis individuos ante los biocombustibles. Se enfatizan tres beneficios fundamentales de los biocombustibles (energéticos y ambientales) y tres inconvenientes (relacionados con el precio, el impacto socio-ambiental y la necesidad de otras soluciones). El objetivo de esta viñeta fue contextualizar el debate en torno a los biocombustibles, de modo que los participantes pudieran profundizar en la discusión.

La discusión grupal transcurría desde un enfoque semidirectivo y formalmente bastante estructurado. Los grupos fueron moderados por un investigador experto en cuestiones sociales que introducía algunas cuestiones que no surgían espontáneamente para cubrir todos los temas del guión y para focalizar en las temáticas de interés cuando la discusión grupal derivaba a otras temáticas. Además, un observador tomaba nota de otros aspectos verbales y no verbales (turnos, ritmos, reacciones, etc.) durante las sesiones. Al finalizar la discusión se administraba un cuestionario con ítems demográficos y cuestiones relativas a la edificación sostenible y a la eficiencia energética. Los participantes recibieron un incentivo económico por su participación.

19

2.3. Análisis de datos

Los grupos de discusión fueron grabados y su contenido transcrito. Posteriormente, las transcripciones fueron analizadas a partir del análisis temático (Boyatzis, 1998; Fereday y Muir-Cochrane, 2006). El proceso implicó la lectura y relectura cuidadosa de los datos y la generación de códigos o temas que capturarán la riqueza cualitativa del fenómeno. Para la generación de códigos, los investigadores buscaron patrones y temáticas en cada grupo de discusión para asegurar que los temas tratados se correspondían a los esperados. En este proceso se identificaron nuevas temáticas no cubiertas en el guión previo de los grupos y también pasaron a formar parte del análisis si eran significativas y apropiadas. Los códigos y sub-códigos para el análisis fueron acordados y revisados por todos los miembros del equipo de investigación.

3. Resultados

A partir del análisis de contenido temático de las discusiones de grupo se han inferido las ideas principales. A continuación, se exponen las dimensiones fundamentales de la percepción de los participantes sobre los biocombustibles organizadas en torno a seis temas fundamentales: I) aspectos contextuales, II) reacción inicial; III) comprensión de la tecnología; IV) percepción de beneficios; V) percepción de riesgos y costes; VI) actitud general.

3.1. Aspectos contextuales

Uno de los primeros objetivos de la realización de los grupos de discusión era conocer las creencias de los individuos en relación al problema energético así como al papel de los biocombustibles en el mismo. El inicio de las discusiones de grupo muestra que, en general, los individuos vinculan los problemas energéticos al agotamiento del petróleo, así como a los graves efectos de la contaminación. Sin embargo, los participantes, pese a una percepción general del problema del agotamiento del petróleo, no parecen tener una conciencia real de los problemas energéticos y tampoco del papel que pueden jugar los biocombustibles como posible alternativa al problema. El agotamiento del petróleo se percibe como algo lejano. La idea de contaminación tiene más fuerza en el discurso del grupo que la búsqueda de alternativas al petróleo.

3.2. Reacción inicial

Enfrentados por primera vez a la idea de biocombustible se observa, en primer lugar, una división entre aquellos participantes que expresan cierta familiaridad con el biocombustible (han oído hablar del mismo o lo han visto en la gasolinera) y aquellos que nunca han escuchado el concepto. En uno de los grupos, seis de los ocho participantes decían haber oído hablar del biodiesel. En los otros grupos, la proporción era menor. Un análisis de la discusión posterior muestra que la familiaridad con la tecnología es muy reducida. El concepto de biocombustible solo genera asociaciones a ecológico, natural, limpio. Pero se desconoce por completo el origen y las posibilidades de consumo del producto. El cultivo de biocombustibles no se percibe como algo cercano. Muy pocos participantes piensan que se esté cultivando biocombustible en España.

La reacción inicial frente a la tecnología está determinada por dos elementos. En primer lugar, una asociación positiva con la ecología, lo natural y lo bio, así como con la búsqueda de soluciones a los problemas derivados del agotamiento del petróleo. La idea de bio se traduce, lógicamente, en una asociación a un proceso ecológico y natural. Estas asociaciones producen una reacción inicial positiva ante la tecnología. Sin embargo, el desconocimiento sobre el proceso de producción no permite profundizar en esta idea a algunos participantes. En segundo lugar, se expresa una desconfianza sobre la posibilidad de uso del biocombustible en los coches convencionales, sobre las organizaciones implicadas y sobre las posibilidades, en general, del desarrollo de esta tecnología.

La desconfianza inicial está vinculada a dos ideas: el biocombustible puede plantear problemas para el motor del coche y el coste será más alto. La idea de incompatibilidad con los coches actuales está presente en todos los grupos. Muchos participantes desconfían de las posibilidades de usar biocombustible. Para otros, los biocombustibles deben conllevar un precio más elevado. Estas dos cuestiones se traducen en una aparente falta de deseo de consumo, manifestada por algunos participantes. Es interesante destacar que un subgrupo dentro del grupo de individuos con cierta familiaridad con el concepto vincula, también, el biocombustible a los problemas derivados de los precios de las materias primas y la deforestación.

3.3. Comprensión de la tecnología

La escasa familiaridad de los participantes con la producción de biocombustibles se traduce en problemas de comprensión del proceso. Cuando los participantes son expuestos por primera vez a la idea de biocombustibles, tienden a referir a la etiqueta bio, como marca de un combustible más ecológico, menos contaminante. En este sentido, la motivación para la generación de biocombustible no plantea demasiadas dificultades a los participantes. El grupo tiende a llegar al acuerdo de que los biocombustibles se generan para ofrecer una alternativa limpia, menos contaminante al petróleo.

La comprensión de los beneficios medioambientales de los biocombustibles parece más vinculada a la marca bio que a una comprensión profunda de las implicaciones de los biocombustibles. El razonamiento simple, basado en la marca, tiene una gran relevancia en los inicios de la discusión. Por otro lado, aunque la idea esencial percibida por los participantes es que un biocombustible es más ecológico y limpio, su papel en la mitigación del cambio climático parece plantear dificultades de comprensión en buena parte de los participantes.

El origen y el proceso de producción del biocombustible son desconocidos por muchos participantes. Algunos participantes refieren a la caña de azúcar en Brasil, al reciclado de elementos desechados (pieles, cáscaras) y al aceite de cocina. Los participantes algo familiarizados son capaces de expresar un razonamiento más basado en analogías y elementos del mundo cotidiano. Pero rara vez aparecen en la discusión cultivos de los que se pueda generar biocombustible. Tras la exposición del vídeo se desprende una gran sorpresa ante lo que se considera un proceso relativamente sencillo y artesanal. El video muestra un proceso de producción a pequeña escala y transmite una alta familiaridad con el mismo entre los participantes. Después del video, se tiende a considerar el biodiesel un producto fácil de producir, asequible, y no una tecnología lejana y compleja.

3.4. Percepción de beneficios

Es destacable el tono positivo asociado al biocombustible. Se percibe al biocombustible como un proceso más limpio que el diesel convencional. Asimismo, destaca el carácter renovable de la biomasa, elemento que parece fácilmente accesible para algunos participantes. La idea de reducción de emisiones recibe una menor atención que la idea de combustible limpio y ecológico. El grado de

comprensión del papel en la reducción de emisiones de CO₂ es limitado; los impactos del biocombustible sobre el cambio climático sólo aparecen en la discusión tras presentar la viñeta a los participantes. En parte, esto parece ser debido a las dificultades para distinguir contaminación de cambio climático.

Otro beneficio asociado por algunos participantes a los biocombustibles es el impacto económico en la actividad agrícola. La producción de biocombustible es asociada a la reutilización de tierras abandonadas en España así como a la generación de puestos de trabajo. Los grupos tienden a debatir esta cuestión. Unos participantes enfatizan que se puede generar puestos de trabajo en zonas del país con problemas de abandono de campos o desindustrialización. Otros participantes argumentan que los cultivos de biomasa para energía no generarán puestos de trabajo debido a la alta mecanización. Por el contrario, enfatizan los impactos negativos derivados del uso intensivo de recursos.

3.5. Percepción de riesgos y costes

A grandes rasgos, los inconvenientes discutidos por los participantes se pueden clasificar en tres grupos: problemas prácticos (motor y coste), problemas sociales (globales y locales) y problemas medioambientales. Los problemas prácticos asociados al uso de los biocombustibles son enfatizados por un grupo de participantes. Las posibles dificultades que el uso de los biocombustibles podría tener en los motores convencionales (el hecho de que no se pueda utilizar en el motor de un coche y el que pueda ocasionar daños o disminuir el rendimiento del vehículo) convierte el biocombustible en una tecnología que interfiere en la vida cotidiana de estos participantes. El posible aumento en el coste del combustible es enfatizado, también, por estos participantes. Al finalizar la discusión, el coste extra que supondría el biocombustible parece ser, para algunos individuos, el único inconveniente significativo de la difusión del biocombustible.

El segundo tipo de problemas está relacionado con los impactos sociales derivados de los biocombustibles. El principal argumento utilizado por los participantes es la sustitución de cultivos agrícolas por cultivos de biomasa para combustible y su impacto potencial en la subida de precios de los alimentos y en las hambrunas. Este argumento aparece en las reacciones iniciales de un tipo de participante (aproximadamente uno o dos individuos en cada grupo). Estos participantes tienden a haber oído hablar de los biocombustibles y poseen una postura previa negativa respecto a su desarrollo. La idea que parece concentrar buena parte de la discusión es la sustitución de cultivos agrícolas y la consecuente subida en el precio de los cereales. El argumento se entiende bien por todos los participantes. Cuando se plantea, tiende a dirigir la discusión. Se habla de hambrunas, aumento de precios del pan y otros alimentos, dependencia de los países pobres y desigualdad. Para otros participantes, la vinculación entre biocombustibles y hambrunas genera cierta ambivalencia. Estos participantes tienden a considerar el posible impacto social como algo negativo pero no crítico en su evaluación de la tecnología. Perciben que este aspecto está fuera de su alcance.

Finalmente, se plantean los posibles problemas medioambientales derivados de la generación de biocombustible. Se mencionan tres ideas esenciales: los biocombustibles necesitan grandes cantidades de agua para su funcionamiento; necesitan mucho terreno; y destruyen el medio ambiente. La necesidad de terreno y agua es planteada tras su mención en el video informativo. Esta idea parece tener un peso significativo en el razonamiento de los participantes. Se utiliza a lo largo de la discusión como un factor muy limitante para el desarrollo de los biocombustibles por buena parte de los participantes. La destrucción del medio ambiente juega un papel significativo, también, en la configuración de la actitud. La imagen mental más presente en los participantes es la del Amazonas. La deforestación del Amazonas es planteada en todos los grupos de modo espontáneo. Cuando un participante plantea esta idea, suele ocupar una buena parte de la discusión. Estos argumentos justifican una actitud de rechazo en algunos participantes, que cuestionan el papel del biocombustible como alternativa a los combustibles convencionales.

3.6. Actitud general hacia los biocombustibles

El análisis de los grupos muestra, de modo exploratorio, la existencia de distintos perfiles de participantes en relación a su percepción de los biocombustibles. Cada perfil enfatiza unos aspectos de los biocombustibles, reacciona de modo diferente a la información y posee unas actitudes previas que afectan a la percepción de los biocombustibles. En primer lugar, encontramos el grupo de los *favorables*. Este tipo de participante se muestra optimista con respecto a las ventajas potenciales del biocombustible frente al diesel convencional. Se destaca la menor contaminación como un elemento favorable, el carácter natural (procede de plantas) y la búsqueda de soluciones innovadoras frente al tradicional consumo de petróleo. Estos individuos estarían dispuestos a utilizar el biocombustible, pues lo consideran una tecnología útil. La dificultad en el acceso a los biocombustibles y la escasa información pueden limitar la acción de estos individuos.

23

Es necesario distinguir entre los favorables y lo que podríamos denominar *entusiastas*. Es significativo que ningún participante muestra un perfil entusiasta o de adoptador temprano, es decir, de una persona que ha usado el biocombustible desde una fase temprana y se muestra muy favorable a su uso y difusión. Este perfil es esperable que sea poco frecuente entre el público general. Lo limitado de la muestra explicaría la no aparición de este perfil.

Una parte importante de los participantes se muestra indiferente frente al biocombustible. Este participante considera que el biocombustible no aporta grandes ventajas en su día a día. Incluso se pregunta si puede plantear inconvenientes para el rendimiento de su vehículo. Considera que el coste del biocombustible no es todavía tan bajo como para justificar su uso. Su razonamiento tiende a centrarse en la desconfianza frente a los inconvenientes para el motor y el coste como justificación de su comportamiento. Los inconvenientes esgrimidos por los ecologistas desempeñan, también, cierto papel en su actitud, pues ayudan a fundamentar su posición. En términos de consumo sería esperable que este grupo representara una mayoría tardía, que optaría por el uso del biocombustible cuando su desarrollo fuera mayoritario y su consumo fácilmente accesible.

Un último grupo estaría constituido por los reacios. El elemento esencial de su actitud es el cuestionamiento de los biocombustibles por sus impactos ecológicos y sociales. El argumento según el cual los biocombustibles ponen en peligro los ecosistemas de los países en desarrollo, generan dependencia y pueden traducirse en un incremento de los precios de los alimentos adquiere una gran importancia para estos participantes. Es posible argumentar que el biocombustible es una tecnología que no se ajusta a los valores y estilos de vida de estos participantes. Los biocombustibles no encajan en su visión del mundo y sus valores previos, por lo que la actitud de rechazo es bastante explícita y estable.

Conclusiones

El desarrollo de los biocombustibles ha experimentado un boom inesperado en los últimos años (Mol, 2007). En Estados Unidos y la Unión Europea, pero también países como China y Rusia, así como en países en desarrollo, se han multiplicado los proyectos de plantación de cultivos energéticos destinados a la generación de biocombustibles. Sin embargo, los impactos observados de los biocombustibles de primera generación en los ecosistemas, las comunidades locales y la economía global han generado una oposición significativa por determinados actores sociales, así como también una llamada desde organismos internacionales a una evaluación detallada de la sostenibilidad social y ambiental de los cultivos (*Sustainable Production of Biomass*, 2006).

24

Pese a la existencia de una gran controversia pública en torno al desarrollo de los biocombustibles, la familiaridad del público con los mismos ha permanecido baja (Wegener y Kelly, 2008). Este hecho parece preocupar especialmente a los *stakeholders* interesados en la promoción de los biocombustibles (Rohracher, 2010). Se asume que para lograr la aceptación social de los biocombustibles es necesario transmitir al público los beneficios de los biocombustibles en el ámbito energético y agrícola (Savvanidou et al, 2010). Pero el interés del estudio de la percepción pública de los biocombustibles va más allá de los intentos por promover una mejor reacción pública. Ante el nuevo papel de ciudadanos y consumidores en las decisiones y políticas sobre la aceptabilidad de las nuevas tecnologías (*Expert Group on Science and Policy*, 2007), la relación de los individuos con las innovaciones tecnológicas como los biocombustibles adquiere una mayor relevancia.

El análisis cualitativo, aunque de carácter exploratorio, muestra que, siguiendo análisis similares sobre la tecnología de fusión (Prades et al, 2009; Horlick-Jones et al, 2010), la percepción de los individuos sobre los biocombustibles es conformada por distintos tipos de razonamientos. En primer lugar, por razonamientos basados en la marca. La marca *bio* genera asociaciones positivas a un combustible limpio y no contaminante. Ante un grado bajo de información técnica, parece ser el argumento más significativo en la percepción de los individuos. Cuando se incrementa la información técnica y contextual disponible (argumentos de los distintos actores a favor y en contra de los biocombustibles), se hacen más presentes los razonamientos basados en analogías y elementos cotidianos, así como, aunque en menor medida,

en elementos técnicos. Sin embargo, los argumentos no son utilizados de la misma manera por todos los individuos y públicos, sino que tienen una influencia diferente en cada grupo o tipo de público. Así, para un tipo de público, el coste y los posibles inconvenientes de los biocombustibles en los motores actuales son los elementos fundamentales en la configuración de la actitud. Para otros, son los impactos en las comunidades y ecosistemas locales los elementos más relevantes en la actitud.

Así pues, tal y como se ha documentado en otros contextos tecnológicos (Gaskell et al, 2003), no parece existir una reacción pública única frente a los biocombustibles. Distintos grupos de públicos difieren en su percepción de los beneficios y riesgos de los biocombustibles, tienden a mostrar una posición frente a los biocombustibles y hacen uso de distintas ideas y argumentos presentes en el debate público. Las causas de estas diferencias son diversas y pueden residir en los diferentes estilos de vida y orientaciones culturales de los grupos (Wildavsky, 1987) así como en actitudes previas de los individuos (Eiser et al, 2002). Los grupos e individuos difieren también en el grado de estabilidad de su actitud, siendo los considerados en el estudio como indiferentes aquellos que parecen mostrar una actitud más inestable. Es una cuestión que podría ser objeto de estudios más amplios.

En definitiva, los biocombustibles generan, por lo general, connotaciones iniciales positivas entre los participantes. Las preocupaciones relacionadas con el coste y el motor se traducen en una actitud más reacia en una parte de los participantes. Para otros individuos, el argumento basado en los impactos de los biocombustibles en los ecosistemas locales y en los recursos, así como en los precios de los alimentos, genera cierta ambivalencia, mientras que para otros es el elemento que más influye en la actitud de rechazo. Cualquier estrategia de comunicación e implicación pública con los biocombustibles debe tener en cuenta estas preocupaciones así como la existencia de distintos públicos con diferentes actitudes y orientaciones culturales. Los ciudadanos tienen derecho a tomar decisiones informadas sobre el consumo de biocombustibles, así como sobre la aceptabilidad de los esfuerzos públicos por promover su desarrollo. Dadas las repercusiones sociales y medioambientales del desarrollo de los biocombustibles, un análisis honesto de sus riesgos y beneficios será crucial en el desarrollo de cualquier debate público informado.

Bibliografía

APPA (2007): *Biocarburantes y Desarrollo Sostenible, Mitos y Realidades*, Informe, disponible en www.appa.es/descargas/Doc_BIOCARBUR_ANTES_1309.pdf.

BANCO MUNDIAL (2007): *World Development Report 2008, Agriculture for Development*, Capítulo: Biofuels: The Promise and the Risks, Washington, The World Bank.

BINDER, A. B., CACCIATORE, M. A., SCHEUFELE, D. A., SHAW, B. R. y CORLEY, E. A. (2011): "Measuring risk/benefit perceptions of emerging technologies and their potential impact on communication of public opinion toward science", *Public Understanding of Science*, pp. 1-18.

BOYATZIS, R. (1998): *Transforming qualitative information: Thematic analysis and code development*, Thousand Oaks, Sage.

CACCIATORE, M. A., BRIGHAM SCHMUHL, N., BINDER, A. R., SCHEUFELE, D. A. y SHAW, B. R. (2010): "Assessing public opinion of alternative energies: The role of cognitive associations in support for biofuels", comunicación presentada en el *Annual meeting of the Society for Risk Analysis*, Salt Lake City.

COMISIÓN EUROPEA (2010): "La Comisión fija un sistema de certificación de los biocarburantes sostenibles", nota de prensa, junio.

CONTRERAS, T. (2008): "Aspectos sociales y ambientales del debate sobre los biocarburantes", comunicación presentada en el Congreso Nacional de Medio Ambiente CONAMA9, Madrid.

COTULA, L., DYER, N. y VERMEULEN, S. (2008): *Fuelling exclusion? The biofuels boom and poor people's access to land*, IIED and FAO, Londres.

EISER, J. R., MILES, S. y FREWER, L. J. (2002): Trust, perceived risk, and attitudes toward food technologies, *Journal of Applied Social Psychology*, 32, pp. 2423-2433.

EXPERT GROUP ON SCIENCE AND POLICY (2007): *Taking European Knowledge Society Seriously*, Luxemburgo, Office for Official Publications of the European Communities.

FEREDAY, J. y MUIR-COCHRANE, E. (2006): "Demonstrating Rigor Using Thematic Analysis: A Hybrid Approach of Inductive and Deductive Coding and Theme Development", *International Journal of Qualitative Methods* 5, 1.

GALDI, S., ARCURI, L. y GAWRONSKI, B. (2008): "Automatic Mental Associations Predict Future Choices of Undecided Decision-Makers", *Science* 22, vol. 321, n° 5892, pp. 1100-1102.

GASKELL, G., ALLUM, N., BAUER, M., JACKSON, J., HOWARD, S. y LINDSEY, N. (2003): "Ambivalent GM nation? Public attitudes to biotechnology in the UK, 1991-2002", informe del *Life Sciences in European Society Report, School of Economics and Political Science*, Londres.

HOULE, D. (2010): "Biofuels in the European Union and the United States: A discursive Institutional Account of Policy Developments", comunicación presentada en el *Annual Meeting of the Canadian Political Science Association*, Montreal, 1-3 de junio.

HORLICK-JONES, T., PRADES, A. y ESPLUGA, J. (2010): "Investigating the degree of 'stigma' associated with nuclear energy technologies: a cross-cultural examination of the case of fusion power", *Public Understanding of Science* 1, pp. 1-19.

HORLICK-JONES, T., WALLS, J. y KITZINGER, J. (2007): "Bricolage in action: learning about, making sense of, and discussing issues about genetically modified crops and food", *Health, Risk & Society* 9(1), pp. 83-103.

INFINITA RENOVABLES (2010): *Informe Sectorial 2010*, disponible en www.infinita.eu/download.php?file=Informe%20Infinita_AC_52.pdf

KASPERSON, J. y KASPERSON, R. (2005): *The Social Contours of Risk.*, Volume 1, Publics, Risk Communication and the Social Amplification of Risk, Earthscan, Londres.

27

MACOUBRIE, J. (2006): "Nanotechnology: public concerns, reasoning and trust in government", *Public Understanding of Science* 15, pp. 221- 241.

MOL, A. P. J. (2007): "Boundless biofuels? Between environmental sustainability and vulnerability", *Sociologia Ruralis* 47 (4), pp. 297-315.

MORGAN, D. L. y KRUEGER, R. A. (1998): *The Focus Group Kit*, Londres, Sage.

OWENS, S. y DRIFFIL, L. (2008): "How to change attitudes and behaviors in the context of energy", *Energy Policy*, vol. 36, p. 4412-4418.

PIN KOH, L. y GHAZOULA, J. (2008): "Biofuels, biodiversity, and people: Understanding the conflicts and finding opportunities", *Biological Conservation* 141, 10, pp. 2450-2460.

PRADES LÓPEZ, A., HORLICK-JONES, T., OLTRA, C. y NAVAJAS, J. (2009): *Lay Understanding and Reasoning about Fusion Energy: Results of an Empirical Study*, Madrid, CIEMAT.

RENN, O. (1998): "Three decades of risk research: accomplishments and new challenges", *Journal of Risk Research* 1 (1), 49-71.

ROHRACHER, H. (2010): "Biofuels and their publics: the need for differentiated analysis and strategies", *Biofuels* 1 (1), pp. 3-5.

SAVVANIDOU, E., ZERVAS, E. y TSAGARAKIS, K.P. (2010): "Public acceptance of biofuels", *Energy Policy* 38, pp. 3482-3488.

SEARCHINGER, T., HEIMLICH, R., HOUGHTON, R. A., DONG, F., ELOBEID, A., FABIOSA, J., TOKGOZ, S., HAYES, D. y YU, T-H. (2008): "Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change", *Science* 319, pp. 1238-1240.

SUSTAINABLE PRODUCTION OF BIOMASS PROJECT GROUP (2006): *Criteria for sustainable biomass production*, informe final, disponible en www.globalproblems-globalsolutions-files.org/unf_website/PDF/criteria_sustainable_biomass_prod.pdf

TORRES y CARRERA (2010): *Biocombustibles 2010*, informe, disponible en www.torresycarrera.com/blog/puestobase/wpcontent/uploads/2011/03/Informe-Biocombustibles-2010.pdf.

UNEP (2009): *Towards sustainable production and use of resources: Assessing biofuels*, United Nations United Nations Environment Programme.

UPHAM, P. y SHACKLEY, S. (2007): "Local public opinion of a proposed 21.5 MW(e) biomass gasifier in Devon: Questionnaire survey results", *Biomass and Bioenergy* 31, Issue 6, pp. 433-441.

UPI (2011): Nota de prensa sobre la situación de la industria española del biodiesel y el proyectado sistema de cuotas de biodiesel, 25 de febrero, disponible en www.upi-oil.es/imagenes/SISTEMA_CUOTAS_-_NOTA_PRENSA_UPI_25-feb-2011.pdf.

VAN DE VELDE, L., VERBEKE, W., POPP, M. y VAN HUYLENBROECK, G. (2010): "Trust and perception related to information about biofuels in Belgium", *Public Understanding of Science* 13, pp. 1-15.

WALLS, J., PIDGEON, N., WEYMAN, A. y HORLICK-JONES, T. (2004): "Critical trust: Understanding lay perceptions of health and safety risk regulation", *Health, Risk & Society*, 6, pp. 133-150.

WEGENER D. T. y Kelly J. R. (2008): "Social psychological dimensions of bioenergy development and public acceptance", *Bioenergy Research* 1(2), pp. 107-117.

WILDAVSKY, A. (1987): "Choosing Preferences by Constructing Institutions: A Cultural Theory of Preference Formation", *American Political Science Review* 81, pp. 3-21.

WÜSTENHAGEN, R., WOLSINK, M. y BÜRER, M. J. (2007): "Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept", *Energy Policy*, vol. 35: 2683-2691.

**Acceso y procesamiento de información
sobre problemas científicos con relevancia social:
limitaciones en la alfabetización científica de los ciudadanos**

***Access and information processing
of socially relevant scientific problems:
limitations related to citizens' scientific literacy***

Víctor Jiménez y José Otero *

Este artículo se centra en la interacción entre los ciudadanos y la información científica necesaria para la comprensión de problemas tecno-científicos con relevancia social. Se describe el proceso de búsqueda de información científica sobre estos problemas, y se analizan los obstáculos con los que se encuentra un ciudadano en esta búsqueda. Se concluye apuntando variables con posible influencia en las dificultades encontradas: las características de los sistemas de información, la naturaleza de la información científica, y las disposiciones y capacidades de los propios ciudadanos.

29

Palabras clave: información científica, problemas socio-científicos, alfabetización científica

This paper focuses on the interaction between citizens and scientific information. This interaction is necessary to understand socially relevant scientific and technological problems. The authors describe the search for scientific information about these problems and discuss the obstacles found by a citizen who attempts this search. As a conclusion, it is pointed out that several variables may influence the difficulties mentioned before: characteristics of the information system, the nature of scientific information and the citizens' own capabilities and dispositions.

Key words: scientific information, socio-scientific problems, scientific literacy

* Departamento de Física, Universidad de Alcalá, España. Correos: victor_jimenez64@yahoo.com y jose.otero@uah.es.

Introducción

Los ciudadanos de las sociedades desarrolladas actuales realizan sus actividades cotidianas en un escenario en el que la ciencia y la tecnología juegan papeles importantes. Se necesitan conocimientos y habilidades apropiadas para tratar con esta clase de problemas, y mejorar lo que se ha llamado “comprensión pública de la ciencia”. Ello incluye la adquisición de un vocabulario suficiente para leer y comprender información científica, y una comprensión básica del impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad (Evans y Durant, 1995; Godin y Gingras, 2000).

Esta mejora de la comprensión pública de la ciencia se promueve en el contexto escolar, pero también existe una línea de trabajo centrada en la población adulta (Miller, 1998, 1992; Evans y Durant, 1995). Se trata de analizar y mejorar la respuesta del público a problemas tecno-científicos con relevancia social, como la seguridad en el consumo de alimentos (Frewer y otros, 2002; Powel y otros, 2007; McInerney, Bird y Nucci, 2004), el calentamiento global (Corbett y Durfee, 2004), el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (Cross y Price, 1999) o la calidad del aire (Bush, Moffatt y Dunn, 2001). El trabajo que se presenta a continuación se relaciona con la comprensión pública de la ciencia por parte de la población adulta. Tiene como objetivo identificar dificultades en la interacción entre los ciudadanos y las administraciones públicas en España, al recabar información sobre problemas tecno-científicos con relevancia social.

30

La interacción entre los ciudadanos y los asuntos de naturaleza científica o técnica que les afectan a diario no está exenta de dificultades. Por ejemplo, en lo que concierne a la interacción con la tecnología más próxima, como automóviles o electrodomésticos, el usuario se enfrenta a dispositivos que incorporan sistemas de gran complejidad y opacidad, incluyendo módulos electrónicos de difícil acceso sin instrumentación sofisticada. Es decir, la tecnología que se utiliza, y muchos de los problemas que plantea, están fuera de las posibilidades de análisis del ciudadano no especialista. Estas dificultades existen también en la interacción con los problemas tecno-científicos más generales, de tipo social. En un posible intento de comprensión, el ciudadano queda frecuentemente en manos de expertos, a cuya opinión, con frecuencia, accede a través de los filtros que constituyen los medios de comunicación de masas o los portavoces, no especialistas, de las administraciones públicas. De hecho, el papel de los expertos y su actuación como asesores en problemas con relevancia social es un tema que ocupa a la Unión Europea, reclamando transparencia y democratización en su actuación para reducir la distancia entre los técnicos y los ciudadanos (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001). Se debate sobre el papel de los expertos en la toma de decisiones sobre problemas tecno-científicos (Broncano, 2010) o se aboga por la inclusión de todos los actores sociales (ciudadanos, científicos y políticos) para obtener solución a estos problemas, mediante la “participación extendida” (Funtowicz y Strand, 2007).

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es examinar las dificultades existentes en la interacción entre los ciudadanos y las fuentes de información en las administraciones públicas, respecto a dos problemas tecno-científicos relacionados

con la salud: el efecto de la contaminación atmosférica, por una parte, y el efecto del consumo de agua embotellada, por otra. Se examina el proceso que siguen dos ciudadanos con formación científica básica para buscar información sobre estas relaciones, y las dificultades que plantean la búsqueda y el procesamiento de esta información.

El trabajo se plantea como un estudio de casos. Los estudios de casos consisten en “el examen intensivo-tanto en amplitud como en profundidad-de una unidad de estudio, empleando todas las técnicas disponibles para ello” (Greenwood, 1970: 117). El diseño de la investigación de casos requiere la definición, al menos, de cinco componentes importantes (Yin, 2003: 21): preguntas que se intentan responder, proposiciones del estudio, unidades de análisis, conexión entre los datos y las proposiciones, y criterios para la interpretación de los datos.

En primer lugar, las “preguntas que se intentan responder” corresponden al objetivo mencionado en el párrafo anterior: ¿puede acceder un ciudadano con formación básica a la información científica necesaria para responder a preguntas sobre problemas tecno-científicos que le afectan en su vida diaria? Si encuentra problemas, ¿de qué clase son? En segundo lugar, nuestro estudio se fundamenta en las proposiciones expuestas anteriormente: los problemas tecno-científicos involucran conocimiento de notable complejidad, al que tienen difícil acceso los ciudadanos no especialistas. Suponemos que existen problemas relacionados, tanto con la fuente de información como con el receptor, que intentamos caracterizar. En tercer lugar, en cada caso del estudio utilizamos como unidad de análisis una persona clasificable como “caso representativo” (Yin, op.cit: 41) por sus características socioeconómicas y educativas. En cuarto lugar, en cuanto a la conexión entre datos y proposiciones, utilizamos la observación controlada de los individuos participantes para recoger toda la información que intercambian con las fuentes en el proceso de búsqueda de información. Transcribimos el proceso seguido por los dos ciudadanos para obtener información a partir de las fuentes elegidas. La información que examinamos es verbal, cuando se trata de la interacción con funcionarios o empleados de los organismos consultados, y escrita, cuando se trata de documentos, por ejemplo los que se pueden encontrar en la Web. La etapa final del proceso de comparación entre datos y proposiciones incluye el examen de la validez de las respuestas que encontraron los participantes. En los casos en que no llegan a respuestas que les satisfacen, los investigadores identificamos el proceso que conduciría eventualmente a una respuesta apropiada, a partir de los documentos disponibles, y las dificultades que conlleva este proceso.

Finalmente, en lo que respecta a los criterios de interpretación de los datos, no resulta sencillo medir la importancia de las dificultades encontradas por los ciudadanos. Como aproximación relativamente fiable y válida a esta medida, utilizamos en los dos casos la valoración de tres indicadores: el tiempo invertido en la búsqueda, el número de organismos que debieron ser consultados en esta búsqueda y, finalmente, el hallazgo, o no, de la información requerida para contestar a las preguntas planteadas por los ciudadanos.

1. Caso A: Contaminación atmosférica y salud

La contaminación atmosférica es un hecho preocupante tanto a escala nacional, en España (Alonso y otros 2005; Ballester, 2005; Pérez-Hoyos 1999), como a escala supranacional (Comisión de las Comunidades Europeas, 2000; *World Health Organization*, 2003), con el problema reflejado también en los medios de comunicación de masas (J.S.G., 2006; Roselló, 2007; Méndez, Sevillano y García, 2011).

Se reconoce que la atmósfera, especialmente a partir de la última mitad del siglo XX, recibe y acumula las emisiones de gases y partículas contaminantes derivadas de las actividades antropogénicas y de fenómenos naturales. Sabemos también que un gran porcentaje de la población mundial no respira aire limpio. Por tanto, ¿qué impacto tiene en la salud respirar aire contaminado?

En los últimos años se han realizado diversos estudios sobre este tema. El proyecto europeo APHEA (Atkinson, Anderson, Sunyar, Ayres, Baccini, Vonk, Boumghar, Forastiere, Fosberg, Touloumi, Schwartz y Katsouyanni, 2001), que incluyó estudios del aire en 35 ciudades europeas, tiene su continuación en el proyecto actual, APHEIS (Medina y Placencia, 2001). En Estados Unidos se realizó un proyecto similar, el estudio NMMAPS (Dominici, 2005), que incluyó las 90 ciudades con mayor número de habitantes. El proyecto EMECAM (Galán, Aranguéz, Gandarillas, Ordóñez y Aragonés, 1999), realizado en España sobre la base del proyecto APHEA, evaluó el impacto a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre los ingresos hospitalarios y la mortalidad en 14 ciudades en el periodo 1992-1995. Restringiéndonos al municipio de Madrid, el proyecto EMECAS (Ballester, Saez, Daponte, Ordóñez, Teracido, Cambra, Arribas, Bellido, Guillén, Aguinaga, Cañada, López, Iñiguez, Rodríguez, Pérez-Hoyos, Barceló, Ocaña, y Aranguéz, 2005) concluyó que los contaminantes atmosféricos, en particular dióxido de azufre, partículas de monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno, incrementan la mortalidad, especialmente la relacionada con el sistema circulatorio y respiratorio. También, los datos del proyecto APHEIS en Madrid indican que los valores diarios de partículas en suspensión de 10 μ m (PM10) superan en más del 100 por ciento el valor límite establecido (López y Zorrilla, 2005), causando 59 muertes al año (1,4/100.000 personas). El 50,7 por ciento de estas muertes se producen por causas cardiovasculares y el 26 por ciento por causas respiratorias. Del mismo modo, los valores mencionados de partículas PM10 son causa de 82,3 ingresos hospitalarios urgentes de origen respiratorio y de 39,2 de origen cardíaco (Alonso, Martínez, Cambra, López, Boldo, Zorrilla, Daponte, Aguilera, Toro, Iñiguez, Ballester, García, Plasencia, Artazcoz y Medina, 2005). Parece clara, por tanto, la influencia negativa de la contaminación atmosférica en la salud.

Sin embargo, los efectos precisos de distintos niveles de contaminación sobre la salud no parecen fáciles de conocer por parte de los expertos, ni, desde luego, por parte de los ciudadanos no especialistas. La literatura científica sobre el tema pone de manifiesto la complejidad metodológica existente para relacionar la contaminación del aire con los efectos en las personas (Alonso y otros, 2005; Ballester, 2005a; Ballester, Sáez, Alonso, Taracido, Ordóñez, Aguinaga, Daponte, Bellido, Guillén,

Pérez, Cañada, Arribas y Pérez-Hoyos, 1999; *World Health Organization*, 2003). Por tanto, saber el efecto preciso que tiene en la salud respirar aire contaminado parece un problema perfectamente concebible por alguien que vive en una gran ciudad. A continuación se pretende analizar los problemas de acceso y procesamiento de información sobre este efecto por parte de un ciudadano que se interesa en ello.

1.1. Método

Se eligió para el estudio a Luisa (nombre ficticio), ciudadana de 40 años, residente en una zona de estatus socioeconómico medio en la localidad de Alcalá de Henares, población de unos 200.000 habitantes situada en el área metropolitana de Madrid. El nivel educativo de Luisa alcanza la enseñanza secundaria obligatoria (hasta los 16 años) y su ocupación actual es empleada de unos grandes almacenes.

Se explicó a Luisa el contexto y el propósito del trabajo, solicitándole que averiguase, acudiendo a alguna persona o institución responsable, cuál es el daño que produce en la salud respirar habitualmente el aire en Alcalá de Henares. No se ofreció ninguna otra orientación sobre las fuentes a consultar o el procedimiento que debía seguir. A partir de esta instrucción inicial, Luisa eligió realizar las averiguaciones pertinentes a través de llamadas telefónicas. Las conversaciones telefónicas a lo largo de todo el proceso de búsqueda fueron registradas taquigráficamente. La transcripción taquigráfica se traducía inmediatamente a un documento de texto, con lo que se aseguraba la fidelidad de la transcripción del significado, aunque no siempre la literalidad de las respuestas. En la fase posterior del estudio se analizó el proceso de búsqueda de información en Internet.

33

1.2. Resultados y discusión

Para encontrar la información requerida, Luisa escogió como fuente inicial de información los servicios municipales del Ayuntamiento de Alcalá de Henares. A partir de una primera consulta telefónica a la Concejalía de Medio Ambiente, a la que accedió a través de la centralita del Ayuntamiento, Luisa recibió información de diferentes clases por vía telefónica, o fue redirigida a organismos distintos de aquel al que llamaba. La totalidad del proceso de búsqueda se realizó en dos días, separados entre sí por un intervalo debido a las obligaciones personales de Luisa. El tiempo invertido estrictamente en las llamadas fue de 23 minutos, aproximadamente. Un resumen del proceso se presenta en la **Tabla 1**.

La información obtenida durante todo el proceso puede clasificarse en tres apartados. En primer lugar se considera la *información diana*, es decir, información que, según el criterio de los autores de este artículo, satisfaría la demanda de Luisa. Ejemplo de esta información serían contestaciones indicando que la contaminación por partículas existente no representa amenaza para la salud de una persona sana, o que la contaminación por NO₂ durante la semana aumenta en un 50% el riesgo de infecciones respiratorias. Pero debe tenerse en cuenta que este criterio tiene limitaciones debidas a la subjetividad del juicio sobre cuando se satisfaría la demanda del ciudadano que busca información. Incluso teniendo en cuenta estas limitaciones, que se discuten en detalle más adelante, el criterio se utilizó en esta primera

aproximación al problema sin que plantease dificultades importantes.

El segundo tipo de información considerada fue la información accesoria. Este tipo de información es de naturaleza similar a la *información diana* (por ejemplo: índices de contaminación que informan sobre la calidad del aire en un día y una hora determinados), pero no incluye los efectos sobre la salud. Se considera que esta información no contesta a la pregunta básica.

En tercer lugar existe *información instrumental*, es decir, información que puede orientar en la búsqueda de la información diana y que origina redireccionamientos. Se refiere, por ejemplo, al número de teléfono de un servicio u organismo distinto al consultado, o alguna dirección web en Internet.

Tabla 1. Resumen de llamadas e información proporcionada por las administraciones públicas a Luisa

DIA	ORGANISMO A QUIEN SE DIRIGE	DURACION LLAMADA TELEFÓNICA	INFORMACIÓN OBTENIDA
Ia	Centralita Ayto. Alcalá de Henares, Concejalía de Medio ambiente, Residuos	7 minutos	Declaración de falta de datos. Redireccionamiento a Ib
Ib	Comunidad de Madrid, Atención al ciudadano	1 minuto	Número telefónico de la dependencia.
Ic	Comunidad de Madrid, Información Ambiental.	3 minutos	Declaración de falta de datos sobre efectos en la salud. Redireccionamiento a Ila Los datos de calidad del aire le serán proporcionados posteriormente *
Id	A Luisa de la Comunidad de Madrid, Información Ambiental.	1,5 minutos	*Recibe una llamada el mismo día, de la oficina de Información Ambiental, con los datos de calidad del aire de las 9:00 horas de ese día. No se mencionan efectos sobre la salud.
Ila (13 días después del día I)	Comunidad de Madrid, Consejería de Sanidad y Consumo/ Sistema de Información Sanitaria	2 minutos	Declaración de falta de datos. Redireccionamiento a Iib
Iib	Comunidad de Madrid/ Salud pública Área III	4 minutos	Declaración de falta de datos. Redireccionamiento a Iic
Iic	Comunidad de Madrid/Instituto de Salud Pública/ Sanidad Ambiental	1 minuto	Promesa de comunicación posterior * (IId)
IId	A Luisa de Comunidad de Madrid/ Instituto de Salud Pública/ Sanidad Ambiental	2 minutos	*Llamada del Servicio de Sanidad Ambiental (1h 45 min. más tarde). Información accesoria sobre la pregunta básica. Redireccionamiento a Internet

1.2.1. Proceso de consultas telefónicas

Luisa realizó en total nueve llamadas telefónicas, en tres de las cuales no obtuvo respuesta. Realizó siete veces la petición de información básica, siguiendo un patrón similar al siguiente:

(...) deseaba saber si me podía usted dar información..., sobre los índices de contaminación que tenemos en Alcalá de Henares y qué problemas de salud... podrían derivar de ello... ¿Cómo de dañino es esta contaminación para nuestra salud y qué índices tenemos?

Luisa experimentó cinco redireccionamientos en su proceso de búsqueda: el funcionario consultado la dirige hacia otra fuente, que considera apropiada, ofreciéndole un número telefónico:

(...) le voy a dar el teléfono del Área III de Alcalá de Henares del Instituto de Salud Pública y también le voy a dar el teléfono del Servicio de Sanidad Ambiental, también del Instituto de Salud Pública (...)

En cuatro ocasiones Luisa es informada de que el servicio no cuenta con los datos. Una contestación típica es la siguiente:

¿Sobre la contaminación en Alcalá de Henares? Pues es que en el ayuntamiento no existe ningún sistema de medición (...) Tiene que acudir a la comunidad de Madrid (...) a la Consejería de Medio Ambiente.

Además, en dos de esas cuatro ocasiones, el responsable de la información requerida no estaba disponible:

(...) Me puede dejar su número de teléfono y nos pondríamos en contacto con usted que ahora mismo no le puedo pasar.

En estos dos casos Luisa recibió puntualmente, más adelante, la llamada del organismo.

En la interacción con la fuente de información puede observarse que el nivel de comprensión entre Luisa y sus interlocutores es, en general, muy aceptable. No obstante, se identificaron algunos episodios de incomprensión entre Luisa y el interlocutor porque el mensaje era recibido y procesado parcial o erróneamente. El siguiente diálogo ejemplifica un episodio de incomprensión.

Luisa: (...) Deseaba saber si me podía usted dar información sobre los índices de contaminación que tenemos en Alcalá de Henares y que problemas de salud podrían derivar de ello... ¿Cómo de dañino es esta contaminación para nuestra salud y que índices tenemos?

Interlocutor: ¿Con contaminación a que se refiere?

Luisa: ¡A la contaminación medio ambiental!

Interlocutor: (...) lo único que puedes localizar (...) en la red de calidad del aire, a ver si hay de Alcalá de Henares, (...) y conocer los parámetros de las emisiones, por ejemplo de CO2, de partículas de la atmósfera, pero no de contaminación (...)

En resumen, el proceso de búsqueda de información, llevó a Luisa a contactar con seis organismos administrativos: 1) Ayuntamiento de Alcalá de Henares/Medio Ambiente/Residuos; 2) Comunidad de Madrid/Atención al Ciudadano; 3) Comunidad de Madrid/Información Ambiental; 4) Comunidad de Madrid/Consejería de Sanidad y Consumo/Sistema de Información Sanitaria; (5) Comunidad de Madrid /Salud Pública Área III; y 6) Comunidad de Madrid/Instituto de Salud Pública/Sanidad Ambiental.

Luisa consideró que había llegado a una fuente de posible información diana, en el último paso del proceso de búsqueda (IId). En este paso, el Servicio de Sanidad Ambiental de la Comunidad de Madrid proporcionó telefónicamente información sobre valores promedio de contaminantes en la Unión Europea, con la mención de que no hay unos límites claros de peligrosidad puesto que ésta depende de diversos factores. El interlocutor ofreció una semejanza entre los efectos de los contaminantes atmosféricos y la susceptibilidad de personas afectadas por olas de calor o alergias. Además, Luisa recibió información instrumental consistente en dos direcciones web: Madrid.org y Apheis.net. El servicio señaló que en dichas páginas se encontraría información sobre legislación de calidad del aire y sobre los efectos de los contaminantes en la salud.

36

1.2.2. Proceso de consulta en la Web

De acuerdo con la respuesta obtenida del Servicio de Sanidad Ambiental de la Comunidad de Madrid en el paso IId, Luisa consultó la Web a partir de las dos páginas mencionadas. Previendo la dificultad de búsqueda de la *información diana*, instruimos a Luisa para que simplemente identificase las direcciones URL en donde creía que existía esta información. De acuerdo con el registro de su navegación por Internet, Luisa visitó 17 direcciones URL. A partir de esta revisión, Luisa identificó 14 conexiones hipertextuales en donde creía que podía encontrar la información diana. Dada la dificultad que representaba para ella la revisión de estas conexiones, los autores de este artículo llevaron a cabo la lectura de sus contenidos, invirtiendo aproximadamente 50 minutos. Sólo dos de las 14 direcciones incluían información diana, de acuerdo con el criterio de los autores (la relación del contenido en las 14 conexiones, junto con la dirección URL de la página de inicio, se muestra en el Apéndice).

La *información diana* en torno a la relación contaminación-efectos en la salud se muestra en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Información localizada en las direcciones web proporcionadas por Servicio de Sanidad Ambiental de la Comunidad de Madrid

“Cuando las concentraciones tanto de SO₂ como de partículas en suspensión superan los 500 microgramos/metro cúbico de aire, como promedio de 24 horas, se produce un aumento de la mortalidad en la población en general, siendo los grupos más sensibles los individuos con procesos cardíacos o pulmonares”.

“Con promedios diarios de 250 microgramos/metro cúbico de SO₂ y de humos se ha registrado el empeoramiento en los enfermos con afecciones pulmonares”.

“Los efectos producidos por el NO₂ sobre los animales y los seres humanos afectan, casi por entero, al tracto respiratorio. Se ha observado que una concentración media de 190 microgramos de NO₂ por metro cúbico de aire, superada el 40% de los días, aumenta la frecuencia de infecciones de las vías respiratorias en la población expuesta”.

“Los oxidantes fotoquímicos afectan especialmente a las personas con afecciones asmáticas y broncopulmonares, en los que se han observado crisis asmáticas y disminución de la función pulmonar cuando las concentraciones atmosféricas de oxidantes eran superiores a 500 microgramos por metro cúbico de aire”.

Al lado de esta información, aparece gran cantidad de información accesoría que no daría respuesta directa a la petición de Luisa, debido a que no se proporcionan datos cuantitativos. Por ejemplo: cuando se explica: “Se ha comprobado la relación existente entre la contaminación atmosférica, producida por partículas en suspensión y anhídrido sulfuroso, y la aparición de bronquitis crónica caracterizada por la producción de flemas, la exacerbación de catarros y dificultades respiratorias tanto en los hombres como en las mujeres adultas...”. En otros casos se describen efectos en el organismo sin una relación explícita con los contaminantes en la atmósfera: “Se ha comprobado que una saturación de carboxihemoglobina por encima del 10% puede provocar efectos sobre la función psicomotora que se manifiesta con síntomas de cansancio, cefaleas y alteraciones de la coordinación. Por encima del 5% de saturación se producen cambios funcionales cardíacos y pulmonares y se aumenta el umbral visual”.

Por tanto, Luisa podría eventualmente acceder a información que relaciona niveles de contaminación atmosférica en Alcalá de Henares con efectos sobre la salud, mediante la comparación de los índices de contaminación de la ciudad (proporcionados en el paso Id) y las relaciones generales proporcionadas en Madrid.org y Apheis.net recogidas en la **Tabla 2**. Esta comparación, realizada por los autores, se muestra en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Relación entre los índices de contaminación y la salud

Índice contaminación 15 Feb 2011, 8:00	Influencia en la salud	Conclusión
Dióxido de azufre: 9 microgramos/m ³	"...cuando las concentraciones de SO ² ...superan los 500 microgramos/m ³ de aire, como promedio de 24 horas, se produce un aumento de la mortalidad en la población en general, siendo los grupos más sensibles los individuos con procesos cardíacos o pulmonares..." "...Con promedios diarios de 250 microgramos/m ³ de SO ² ... se ha registrado el empeoramiento en los enfermos con afecciones pulmonares".	Considerando que el índice de SO ₂ (9 :g/m ³) es un promedio de 24 h., en ese día la contaminación por este compuesto no incidiría en la salud de los individuos expuestos.
Partículas en suspensión: 8 mg/m ³	"...cuando las concentraciones de partículas en suspensión superan los 500 microgramos/metro cúbico de aire, como promedio de 24 horas, se produce un aumento de la mortalidad en la población en general, siendo los grupos más sensibles los individuos con procesos cardíacos o pulmonares..." "...Con promedios diarios de 250 microgramos/metro cúbico de... humos se ha registrado el empeoramiento en los enfermos con afecciones pulmonares".	Considerando que el índice de partículas en suspensión (8 µg/m ³) sea un promedio de 24 h, en ese día la contaminación por estas partículas no influyó en la salud de los individuos xpuestos.
Dióxido de Nitrogeno: 26 µg/m ³	"Los efectos producidos por el NO ₂ sobre los animales y los seres humanos afectan, casi por entero, al tracto respiratorio. Se ha observado que una concentración media de 190 microgramos de NO ₂ por metro cúbico de aire, superada el 40% de los días del año, aumenta la frecuencia de infecciones de las vías respiratorias en la población expuesta".	Considerando que el índice de NO ² (26 µg/m ³) sea un promedio de 24 h., en ese día la contaminación por este compuesto no contribuye a un efecto negativo sobre la salud de los individuos expuestos. Sería necesario seguir los valores a lo largo de varios días para comparar con el criterio.

38

En resumen, una ciudadana como la que participó en nuestro estudio podría llegar a las conclusiones que relacionamos en la última columna de la **Tabla 3**, después de nueve llamadas telefónicas, la revisión de 17 direcciones URL, el análisis relativamente detallado de 14 de éstas páginas, la identificación de los criterios incluidos en dos de ellas y la comparación con los índices de contaminación de la fecha, proporcionados telefónicamente en el paso Id.

2. Caso B: Consumo de agua embotellada y salud

El segundo análisis sobre los problemas encontrados en la búsqueda de información que responda a problemas tecno-científicos relevantes para los ciudadanos se centra en los efectos del consumo de agua embotellada en la salud.

Diversas características hacen que el agua sea imprescindible para la vida. Cerca del 60 por ciento del cuerpo de los humanos está constituido por agua y un alto

porcentaje se utiliza en los procesos metabólicos, en excreciones y en la transpiración. Esto hace necesario la ingesta de entre uno y tres litros de agua diariamente para evitar la deshidratación. Es por tanto imprescindible disponer de fuentes de suministro que permitan abastecerse de agua libre de contaminantes químicos y microbiológicos (Organización Mundial de la Salud, 2006). La conciencia de la necesidad de proveer a los individuos de agua doméstica, limpia y barata existe en Europa como servicio público desde el siglo XIX (Wilk, 2006). Desde entonces el suministro de agua ha sido un bien gestionado por el Estado. En la actualidad, en España los ayuntamientos vigilan la potabilidad del agua, evaluando la calidad física, química y microbiológica de forma que se proteja la salud de la población (Real Decreto 140/2003, 7 de febrero).

Sin embargo, en las dos últimas décadas un fenómeno creciente ha sido el consumo de agua embotellada como alternativa al agua de abasto público. Pero disponer de agua embotellada trae consigo un gasto económico para el consumidor, dado que su precio puede ser mil veces mayor que el del agua de suministro público. Además, la producción de agua embotellada genera un impacto negativo en el medio ambiente por las cantidades de energía consumida en la manufactura de recipientes, por su transporte y por el número de botellas vacías que se desechan (Denehy, 2008; Wilk, 2006; Guaita, 2008). ¿Por qué, entonces los, consumidores eligen beber agua embotellada antes que la de suministro público, de coste considerablemente menor? En un estudio norteamericano en el que se preguntó sobre la preferencia de beber agua embotellada, un 47% contesta que la elige como alternativa a otras bebidas, el 35% que lo hace por seguridad, el 7% la elige por su sabor y un 11% debido a otras causas (NRDC, 1999). Otros estudios muestran también que en el consumo de agua embotellada inciden factores como la creencia de que no se dispone de agua limpia y segura en el suministro público, la mayor conciencia de los efectos nocivos para la salud de bebidas con edulcorantes o saborizantes añadidos artificialmente, o las campañas de marketing de las empresas productoras describiendo el agua embotellada como “una bebida refrescante”, “ligera”, “clara”, “libre de saborizantes y edulcorantes”, “sana y pura” (Denehy, 2008; Bullers, 2002; Wilk, 2006).

39

Entonces, ¿es mejor para la salud beber agua embotellada? No todo parece ventajoso en este consumo. Se ha encontrado que la concentración de antimonio en el agua envasada es superior a la concentración del mismo elemento en su fuente de origen. Ello hace sospechar que éste elemento se libera de los envases de tereftalato de polietileno (PET), pues se usa como catalizador en su fabricación (Shotyc, 2006). En cuanto a los controles de calidad, los del agua suministro público, ofrecen muchas garantías (Denehy, 2008; Bullers, 2002).

Por tanto, no parecen estar claras las ventajas comparativas del consumo de agua embotellada respecto a la de suministro público, en lo que respecta a los efectos sobre la salud. Como en el caso de la contaminación atmosférica, es concebible que los efectos en la salud del consumo de una u otra clase de agua pudiesen representar un problema para un ciudadano reflexivo. Por ello, en este segundo caso, se analizan los problemas de acceso y procesamiento de información necesaria para decidir sobre los efectos que puede tener en la salud el consumo de agua embotellada por comparación con el agua de suministro público.

2.1. Método

La búsqueda de información fue llevada a cabo por Daniel (nombre ficticio), varón de 50 años, residente en una zona de estatus socioeconómico medio de la ciudad de Guadalajara, capital de provincia de 83.000 habitantes en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, en España. Daniel tiene la educación del nivel obligatorio en España y su ocupación es funcionario municipal.

De la misma manera que en el Caso A se explicó el contexto y el propósito del trabajo a Daniel, rogándole que averiguase dirigiéndose a los organismos que considerase apropiados si en Guadalajara es mejor para la salud beber agua embotellada que agua de suministro público. El proceso de recogida de datos siguió las mismas pautas que en el Caso A. Se consideraron también los tres tipos de información mencionados anteriormente.

2.2. Resultados y discusión

Daniel escogió como fuente de consulta inicial la Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural del gobierno autónomo de Castilla-La Mancha (Junta de Comunidades de Castilla la Mancha, JCCM). Como en el caso anterior, recibió información en las llamadas o fue redirigido a otras fuentes. Daniel recabó la información en un solo día, invirtiendo 18 minutos en llamadas telefónicas. Un resumen del proceso se representa en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Resumen de llamadas e información proporcionada por las administraciones públicas a Daniel

DIA	ORGANISMO A QUIEN SE DIRIGE	DURACIÓN LLAMADA TELEFÓNICA	INFORMACIÓN OBTENIDA
1a	Delegación Provincial de Agricultura y Desarrollo Rural (JCCM)	2 minutos	Redireccionamiento a 1b
1b	Ayuntamiento de Guadalajara	2 minutos	Número telefónico de la Confederación Hidrográfica del Tajo y Mancomunidad de Aguas del Sorbe, contactadas en 1c y 1e.
1c	Ministerio de Medio Ambiente. Oficina periférica en Guadalajara. Confederación Hidrográfica del Tajo	3 minutos	Declaración de falta de datos Redireccionamiento a 1d
1d	Ayuntamiento de Guadalajara	1 minuto	Derivación telefónica desde la centralita del Ayuntamiento al Técnico de Aguas. No se obtiene respuesta.
1e	Mancomunidad de Aguas de Sorbe	5 minutos	Derivación a Servicio de la misma dependencia (1f) y recomendación consulta Web
1f	Laboratorio de la Mancomunidad de Aguas de Sorbe	5 minutos	Respuesta limitada a la pregunta base y redireccionamiento a Web

41

2.2.1. Proceso de consultas telefónicas

Daniel inició la búsqueda en la Delegación Provincial de Agricultura y Desarrollo Rural de Guadalajara, del gobierno de la Comunidad de Castilla-La Mancha. En la búsqueda de información, Daniel contactó con cuatro organismos administrativos: 1) JCCM/Delegación Provincial/Agricultura y Desarrollo Rural; 2) Ayuntamiento de Guadalajara/centralita; 3) Ministerio de Medio Ambiente/ Oficina Periférica en Guadalajara/Confederación Hidrográfica del Tajo; y 4) Mancomunidad de Aguas del Sorbe/Laboratorio. Realizó en total seis llamadas telefónicas, en una de las cuales no obtuvo respuesta, haciendo tres veces la misma petición de información básica (1c, 1e y 1f). Las peticiones de información siguen un patrón similar al siguiente:

(...) una pregunta a nivel particular y es saber... ¿es mejor para mi salud beber agua embotellada o beber agua de Guadalajara?

Daniel experimentó dos redireccionamientos en todo el proceso de búsqueda (1a y 1c). Por ejemplo:

(...)¿Si quiere usted llamar al laboratorio? Yo le doy el teléfono

En una ocasión (Ic), el funcionario consultado declara que en esa instancia no se cuenta con los datos solicitados:

Llame al Ayuntamiento porque ellos conocen... porque saben el agua que suministran y echan o ponen lo que tengan que poner, ¿no?

Como en el caso A, el nivel de comprensión en la interacción entre Daniel y sus interlocutores es, en general, muy aceptable. Daniel supone que ha llegado a la fuente de información diana en el último paso If. En este paso, el laboratorio de la Mancomunidad de Aguas del Sorbe le comunica que el agua de la red de Guadalajara es saludable, que pasa por un estricto control de calidad y que destaca a nivel nacional por su calidad. Pero en relación con la pregunta básica, si es mejor para la salud beber agua embotellada, indican que lo único que puede provocar problemas para la salud es la contaminación del agua. Sugieren que compare las analíticas del agua de la red de Guadalajara y del agua embotellada, ya que no pueden dar otra información:

(...) tenemos una página web y en ella están colgados los análisis mensuales del agua, y usted compara las características de este agua con las de una botella de agua mineral que usted compre, donde viene también una analítica y verá la comparativa. Ésta tiene menor cantidad de minerales que otras aguas, que eso no es mejor ni es peor, es diferente. Su composición varía dependiendo del suelo por el que pasan, simplemente. Pero, vamos... lo que puede provocar problemas para la salud sería la contaminación que pudiera tener el agua y este agua [la de suministro público] no tiene contaminación, está perfectamente depurada...

42

Además, remiten a la página web de la compañía de agua de suministro público en Guadalajara: www.aguasdelsorbe.es.

2.2.2. Proceso de consulta en la Web

De acuerdo con la información instrumental ofrecida por la Mancomunidad de Aguas del Sorbe, Daniel revisó la página web indicada. La información obtenida en esta página sobre el agua de suministro en Guadalajara es de carácter accesorio. Se presenta información sobre conductividad del agua, pH, contenido de sustancias como amonio, cloro, sodio, sulfuro, iones, metales pesados, o plaguicidas, así como unidades formadoras de colonias de Escherichia coli, Enterococos y Coliformes. Por tal razón, Daniel continuó la búsqueda, por su propia iniciativa, en las páginas web siguientes: 1) Ministerio de Medio Ambiente (a partir de www.aguasdelsorbe.es); 2) de una marca conocida de agua embotellada a la cual accedió escribiendo la dirección directamente; (3) Ayuntamiento de Guadalajara a la cual accedió escribiendo la dirección (www.guadalajara.es) directamente; y 4) Guadalajara, empresa gestora del

agua (accionando una conexión hipertextual a partir de la dirección URL anterior). Después de una búsqueda por las páginas anteriores, que incluyó seis direcciones URL y 26 conexiones hipertextuales, Daniel consideró que no podía encontrar la *información diana*. Remitió a los autores de este artículo un documento PDF con los resultados del análisis mensual del agua de suministro público en Guadalajara, encontrado en el sitio: www.aguasdelsorbe.es.

Siguiendo la recomendación del laboratorio de la Mancomunidad de Aguas del Sorbe, y dada la previsible dificultad que tendría Daniel para realizar la comparación entre los resultados de este análisis y la información existente en el agua embotellada comercial, los autores intentaron realizar la comparación eligiendo dos marcas de agua embotellada que se adquirieron en un supermercado local. El análisis del agua de suministro público realizado por Aguas del Sorbe (MAS, 2010) proporciona los resultados de 83 parámetros correspondientes a indicadores organolépticos, microbiológicos, iones, metales pesados, equilibrio calcio-carbónico, trihalometanos/volátiles, hidrocarburos policíclicos aromáticos y plaguicidas. ¿Cuáles de éstos son especialmente relevantes para la salud e interesan ser comparados con el valor en el agua embotellada? Suponiendo que un ciudadano con formación científica básica accediese a documentos de las autoridades nacionales e internacionales responsables de la salud pública, podría encontrar en el informe "Guías para la calidad del agua potable (3ª Ed.). Vol1. Recomendaciones" (OMS, 2006) de la Organización Mundial de la Salud las informaciones siguientes:

- La gran mayoría de los problemas de salud relacionados de forma evidente con el agua se deben a la contaminación por microorganismos (bacterias, virus, protozoos u otros organismos). No obstante, existe un número considerable de problemas graves de salud que pueden producirse como consecuencia de la contaminación química del agua de consumo (pág. 12).
- También debe tenerse en cuenta el riesgo para la salud asociado a la presencia en el agua de consumo de radionúclidos de origen natural, aunque su contribución a la exposición total a radionúclidos es muy pequeña en circunstancias normales (pág. 15).
- Son pocas las sustancias químicas de las que se haya comprobado que causan efectos extendidos sobre la salud de las personas como consecuencia de la exposición a cantidades excesivas de las mismas en el agua de consumo. Entre ellas se incluyen el fluoruro, el arsénico y el nitrato. También se han comprobado en algunas zonas efectos sobre la salud de las personas asociados al plomo (procedente de las instalaciones de fontanería domésticas) y existe preocupación por el grado potencial de exposición en algunas zonas a concentraciones de selenio y uranio significativas para la salud. El hierro y el manganeso generan preocupación generalizada debido a sus efectos sobre la aceptabilidad del agua, y deben tenerse en cuenta en cualquier procedimiento de fijación de prioridades (pág. 37).

La investigación se centró, entonces, en el análisis de las dos clases de contaminantes más importantes: los de naturaleza microbiológica y los de naturaleza química.

- *Contaminación microbiológica*. La contaminación del agua por virus, bacterias y parásitos produce enfermedades infecciosas muy comunes y extendidas. La presencia de estos microorganismos en el agua debe su origen a la contaminación fecal. En su mayoría, estos

agentes patógenos se encuentran en el tracto digestivo de humanos y animales. La contaminación microbiológica es causada por organismos que no se encuentran en zonas específicas del planeta ni se circunscriben a países en desarrollo o desarrollados. Representan una amenaza global que exige una gran coordinación de la salud pública mundial y puede provocar gastos enormes para el control de brotes epidémicos (Rojas, 2003). La detección directa de contaminación microbiológica representa un gasto enorme y laboratorios especializados, además de varios días de trabajo (OMS, 2006). Por ello, para su detección se utilizan indicadores biológicos e indicadores químicos que sugieren la presencia de los patógenos mencionados. Los indicadores biológicos son organismos de fácil identificación, como las bacterias entéricas o coliformes. Los indicadores químicos asociados a la contaminación microbiológica son el amonio, los cloruros, nitratos y nitritos. Por lo tanto, los contaminantes microbiológicos que interesan en la comparación con el agua embotellada son las enterobacterias y los indicadores químicos amonio, cloruros, nitratos y nitritos.

• *Contaminación química.* ¿Cuáles de los contaminantes químicos son especialmente relevantes para la salud, en el contexto que nos ocupa, e interesa comparar con el valor en el agua embotellada? Para identificarlos se puede partir de la relación de 125 contaminantes químicos presentes en el agua, que proporciona la OMS (2006, Cap. 12). De ellos, fueron seleccionados aquellos cuya presencia en el agua de consumo tiene influencia en la salud, y no solamente en las características organolépticas del agua, y cuyo efecto se haya comprobado en poblaciones humanas: arsénico, bario, fluoruro, níquel, plomo, selenio y uranio.

2.2.3. Comparaciones y síntesis de resultados

En la **Tabla 5** se muestra el valor de los parámetros microbiológicos y químicos seleccionados, tanto en el análisis realizado por la Mancomunidad de Aguas del Sorbe como en el análisis incluido en las etiquetas del agua embotellada.

Tabla 5. Relación de valores máximos permitidos en el agua de suministro público y en el agua embotellada

Parámetro	Máximo valor permitido ¹	Influencia en la salud (Según OMS, 2006)	Análisis agua de ² suministro público (Enero 2011)	Etiqueta agua embotellada 1	Etiqueta agua embotellada 1
Microbiológico: Bacterias Entericas	0 UFC en 100ml	La mayoría de las bacterias patógenas que pueden ser transmitidas por el agua infectan el aparato digestivo y son excretadas en las heces de las personas o animales infectados. Los efectos en la salud son: gastroenteritis leve, diarrea grave, a veces mortal, disentería, hepatitis y fiebre tifoidea.	0	Inexistente	Inexistente
Indicador microbiológico: Amonio	0,50 mg/l	Es un indicador químico de contaminación fecal	<0,02 mg/l	Inexistente	Inexistente
Indicador microbiológico: Cloruros	250 mg/l	Es un indicador de contaminación fecal	5,08 mg/l	Inexistente	Inexistente
Indicador microbiológico: Nitratos y Nitritos	50 mg/l	El principal riesgo para la salud del nitrato y el nitrito es la metahemoglobinemia, también llamada «síndrome del recién nacido cianótico». Es un indicador de contaminación fecal.	0,18 mg/l[1]	Inexistente	Inexistente
Químico: Arsénico	10 mg/l	Estudios epidemiológicos han demostrado que el consumo de cantidades altas de arsénico en el agua potable está relacionado causalmente con el desarrollo de cáncer en varios órganos	<1,6 mg/l	Inexistente	Inexistente
Químico: Bario	70 mg/l	La valoración toxicológica que implica mayor riesgo para las personas parece ser su potencial para causar hipertensión	Inexistente	Inexistente	Inexistente
Químico: Níquel	20 mg/l	La inhalación de compuestos de níquel es cancerígena para el ser humano.	<1,1 mg/l	Inexistente	Inexistente
Químico: Plomo	25 mg/l	Sustancia tóxica general que se acumula en el esqueleto. Los lactantes, los niños de hasta 6 años y las mujeres embarazadas son las personas más vulnerables a sus efectos adversos para la salud.	<0,5 mg/l	Inexistente	Inexistente
Químico: Fluoruro	1,5 mg/l	Afecta principalmente a los tejidos óseos (huesos y dientes). En muchas regiones con un índice alto de exposición al fluoruro, éste es una causa significativa de morbilidad.	0,032 mg/l	Inexistente	Inexistente
Químico: Selenio	10 mg/l	Los efectos tóxicos de la exposición prolongada al selenio se manifiestan en las uñas, el cabello y el hígado.	<2 mg/l	Inexistente	Inexistente
Químico: Uranio	15 mg/l	La nefritis es el principal efecto químico inducido por el uranio en personas.	Inexistente	Inexistente	Inexistente

Al final del largo proceso descrito, la comparación de las analíticas del agua de suministro público y del agua embotellada imposibilita sacar conclusiones sobre diferencias en los posibles efectos en la salud. Ninguno de los parámetros clave aparece en la información proporcionada en las etiquetas del agua embotellada. Es

1. Tomados del real decreto 140/2003, 7 de Febrero.

posible que las empresas consideren obvia la ausencia de estos contaminantes. Las etiquetas de las dos marcas de agua embotellada examinadas proporcionan, sin embargo, información sobre valores (sin mencionar las unidades de medida) de carbonato de calcio, sodio, cloro, calcio, magnesio, litio y potasio. Pero un ciudadano que quisiese llegar a conclusiones fundamentadas sobre los efectos del consumo de agua de una u otra procedencia encontraría muchas dificultades, como le sucedió a Daniel, para obtener información básica sobre la ausencia de contaminantes importantes. Es razonable suponer que las dificultades que tendría para evaluar las implicaciones y la importancia de la información relativamente secundaria, que aparece en las etiquetas de las botellas de agua embotellada examinadas, serían mucho mayores.

Conclusiones

El examen de los procesos de búsqueda en los dos casos examinados revela que no fue fácil para los dos ciudadanos participantes obtener información relacionada con algunos problemas tecno-científicos que les afectan. Los dos estudios ponen de manifiesto que las dificultades en la búsqueda y procesamiento de información sobre los dos problemas estudiados se deben a las características de la fuente, las características del sujeto que busca la información y la naturaleza de la propia información buscada. A continuación se considerarán cada una de estas clases de dificultades.

46

En primer lugar, las administraciones y organismos públicos consultados mostraron algunas limitaciones como fuentes de información sobre los dos temas elegidos en este análisis. Los dos sujetos participantes en nuestro estudio hicieron nueve y seis llamadas telefónicas respectivamente, invirtieron estrictamente en llamadas 23 minutos en el primer caso y 18 minutos en el segundo y contactaron con seis distintas oficinas públicas en el primer caso y cinco en el segundo. En este proceso, sufrieron cinco redireccionamientos en la búsqueda de información sobre la contaminación y dos en la búsqueda referente a la calidad del agua. Es razonable pensar que un ciudadano normal no hubiese invertido el tiempo y el esfuerzo que dedicaron los participantes en este trabajo, debido al compromiso adquirido con los investigadores.

Las transcripciones de las interacciones entre los ciudadanos y los funcionarios, ponen de manifiesto que estos últimos se muestran en general cooperativos ante los requerimientos efectuados, aunque no disponen en muchas ocasiones de la información requerida. Por tanto, las dificultades para proporcionar la información requerida en este estudio parecen encontrarse en características estructurales del sistema administrativo, más que en deficiencias individuales de los funcionarios. Y una de las razones puede hallarse en que la organización administrativa no parece estar diseñada para cumplir estas funciones informativas y, por tanto, no resulta eficiente para la transmisión de información como la requerida en el estudio. Por otra parte, los propios funcionarios tampoco tenían claro en ocasiones a donde dirigir las pesquisas como muestran los cuatro redireccionamientos erróneos del primer caso y los dos del segundo.

Las limitaciones en las fuentes de información también aparecieron en los pocos datos que se recogieron en este estudio sobre el sector privado. El caso B pone de manifiesto la ausencia de información relevante para decidir sobre los efectos en la salud del consumo de agua embotellada, que se puede encontrar en las etiquetas de dos marcas.

La segunda clase de dificultad, de la mayor importancia, tiene que ver con la complejidad de la propia información solicitada. Las fuentes de la administración proporcionaron de manera relativamente sencilla, en los dos casos, información accesoria como índices de contaminación o datos de pruebas analíticas del agua de suministro público. La información puede revelar la calidad del aire y del agua, pero no informa de los efectos sobre la salud. Esta última información es compleja, incluso para un experto en los efectos de la contaminación atmosférica en la salud (Alonso y otros 2005; Ballester, 2005; Ballester y otros, 1999; Pérez-Hoyos y otros, 1999) o sobre la relación entre la calidad del agua y la salud (Wilk, 2006; Denehy, 2008). En el caso de la contaminación atmosférica existen importantes dificultades metodológicas para determinar directamente el efecto pernicioso de los contaminantes en las personas (Bolumar, 2008). De ahí que los análisis de estos efectos se lleven a cabo con datos indirectos, relacionando el aumento de la mortalidad y morbilidad con niveles altos de contaminantes. Por tanto, es altamente improbable que ciudadanos como Luisa y Daniel llegasen a respuestas satisfactorias a las preguntas planteadas, incluso tras la revisión de la información escrita recomendada. Los investigadores pudieron acceder a dos localizaciones web en el caso A, sobre contaminación, que incluían información diana. Una de las dos páginas relaciona claramente el tipo de contaminantes con los daños que produce. La segunda página, en inglés, ofrece gran cantidad de trabajos e informes, de nivel relativamente alto sobre la contaminación y la salud de manera que es difícil, para alguien no experto, acceder a la información relevante.

47

En el caso B, la página web recomendada en el último paso del proceso de consulta telefónica explica el proceso de purificación, e incluye resultados de análisis mensuales del agua, pero no alude a información relativa a los efectos sobre la salud. Ello requirió la revisión de documentos, como los informes de la OMS o del Ministerio de Sanidad español, para identificar los parámetros especialmente relevantes desde el punto de vista sanitario, que no son fácilmente accesibles para un ciudadano con formación científica básica. Por tanto, no es sencillo, incluso para alguien con formación científica general, acceder a información que responda concretamente a las preguntas planteadas por los ciudadanos.

Finalmente, una tercera clase de dificultades puede radicar en características del propio ciudadano. La fuente recomendada finalmente en ambos casos consistió en documentos disponibles en la web. Sin embargo, es necesario considerar, en primer lugar, la capacidad para buscar y entender la información pertinente por parte del ciudadano interesado. En el caso A, es difícil llegar a conclusiones claras sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud incluso para un experto, como se mencionó anteriormente. En el caso B, se sugiere finalmente al ciudadano que compare datos de analíticas de agua embotellada y de agua de la red de suministro

público, con objeto de extraer las conclusiones apropiadas sobre los efectos en la salud. Pero los resultados de las pruebas indicadas en la Tabla 5 no son de interpretación fácil para alguien no experto en el tema. Por ejemplo, ¿qué componentes son especialmente dañinos? o, ¿cuál es la solidez de los datos mediante los que se fijan los valores máximos permisibles? La posibilidad de que un ciudadano con una formación científica básica llegue a contestaciones fundamentadas a estas preguntas parece remota.

En segundo lugar, deben considerarse las dificultades para acceder a la información relevante, que están asociadas a rasgos de personalidad como la “necesidad de cognición” (Cacioppo y Petty, 1982) u otras características individuales del dominio metacognitivo (Hacker, Dunlosky, Graesser, 2009). Estos factores personales condicionarían seguramente la perseverancia en la búsqueda de la información o el grado en el que el ciudadano se satisface con la información proporcionada, aunque sea insuficiente. Los ciudadanos podrían verse satisfechos con respuestas que, de hecho, no contestan su pregunta. Un ejemplo es la siguiente información proporcionada por un empleado de la Mancomunidad de Aguas del Sorbe, durante el proceso de búsqueda en el caso B: “El agua de Guadalajara es muy buena. Es de las mejores ¿eh? Junto con la de Madrid es un agua muy buena, muy buena”. Un ciudadano podría darse por satisfecho con tal respuesta, aún cuando la desconociese en qué se fundamenta. Estos parámetros individuales, que jugaron un papel menor en el estudio actual debido a lo especial de la situación en la que se encontraban los sujetos colaboradores, son merecedores de un estudio más detallado por su importancia en la búsqueda de información por los ciudadanos en situaciones naturales.

48

Finalmente, resulta apropiado preguntarse sobre el grado en que son generalizables los resultados del estudio de estos dos casos. La posibilidad de generalización a partir de los estudios de casos es un asunto discutido extensamente en la literatura (Gomm, Hammersley y Foster, 2000; Yin, 2003). Los estudios de casos, por su propia naturaleza, no proporcionan datos generalizables “estadísticamente”; es decir: el caso no debe considerarse en modo alguno como una muestra de uno o dos sujetos. El modo de generalización de los casos es el llamado de “generalización analítica” (Yin, 2003) o de “inferencia lógica” (Mitchell, 1983). Los estudios de casos están dirigidos a apoyar (o en su caso falsar) una teoría, como es en nuestro caso la caracterización de la búsqueda de información científica con relevancia social como un proceso con dificultades intrínsecas para el ciudadano con una formación básica. Por otra parte, una de las funciones de los estudios de casos es descubrir “factores relevantes que, posteriormente el investigador puede medir y expresar en términos cuantitativos” (Van Dalen y Meyer, 1994: 244). Estos factores son los que se incluyen dentro de las tres clases relacionadas en los párrafos anteriores. Por tanto, estos dos estudios de casos sugieren interrogantes importantes, y los correspondientes estudios posteriores, sobre la posibilidad de que los ciudadanos no especialistas accedan a información científica relevante para los problemas de la vida diaria. Apuntan también los efectos y las limitaciones de un enfoque relativamente ingenuo de la alfabetización científica tanto en la educación formal como en la informal: ¿puede un ciudadano con una formación científica básica,

como la proporcionada en la etapa de educación general, comprender aceptablemente problemas tecno-científicos de su entorno como los planteados? Y en caso de que no pueda, ¿está instaurada como solución la existencia de una ignorancia consciente abrazada sin problemas por los ciudadanos?

Bibliografía

ALONSO, E., MARTÍNEZ, T., CAMBRA, K., LÓPEZ, L., BOLDO, E., ZORRILLA, B., DAPONTE, A., AGUILERA, I., TORO, S., IÑIGUEZ, C., BALLESTER, F., GARCÍA, F., PLASENCIA, A., ARTAZCOZ, L. y MEDINA, S. (2005): "Evaluación en cinco ciudades españolas del impacto en salud de la contaminación atmosférica por partículas: Proyecto europeo APHEIS", *Revista Española de Salud Pública*, vol.79, nº.2, pp.297-308.

ATKINSON, R., ANDERSON, R., SUNYER, J., AYRES, J., BACCINI, M., VONK, J., BOUMGHAR, A., FORASTIERE, F., FORSBERG, B., TOULOUMI, G., SCHWARTZ, J. y KATSOUYANNI, K. (2001): "Acute Effects of Particulate Air Pollution on Respiratory Admissions Results from APHEA 2 Project", *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, vol. 164, pp 1860-1866.

BALLESTER, F. (2005): "Contaminación atmosférica, cambio climático y salud", *Revista Española de Salud Pública*, vol. 79, nº. 2, pp. 159-175.

49

BALLESTER, F., SAEZ, M., DAPONTE, A., ORDOÑEZ, J.M., TARACIDO, M., CAMBRA, K., ARRIBAS, F., BELLIDO, J., GUILLÉN, J., AGUINAGA, I., CAÑADA, Á., LÓPEZ, E., IÑIGUEZ, C., RODRIGUEZ, P., PÉREZ-HOYOS, S., BARCELÓ, M., OCAÑA, R. y ARANGUÉZ, E. (2005): "El proyecto Emecas: protocolo del estudio multicéntrico en España de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la salud", *Revista Española de Salud Pública*, vol. 79, nº. 2, pp. 229-242.

BALLESTER, F., SAEZ, M., ALONSO, E., TARACIDO, M., ORDOÑEZ, J., AGUINAGA, I., DAPONTE, A., BELLIDO, J., GUILLÉN, J., PÉREZ, M., CAÑADA, Á., ARRIBAS, F., PÉREZ-HOYOS, S. (1999): "El proyecto EMECAM: estudio multicéntrico español sobre la relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad. Antecedentes, participantes, objetivos y metodología", *Revista Española de Salud Pública*, vol.73, nº.2, pp.165-175.

BOLUMAR, F. (2008): *Comunicación personal*.

BULLERS, A. (2002): "Bottled Water: Better Than the Tap?", *FDA Consumer Magazine*, U.S. Food and Drug Administration, Julio- Agosto.

BUSH, J., MOFFATT, S. y DUNN, C. (2001): "Keeping the public informed? Public negotiation of air quality information" *Public Understanding of Science*, vol. 10, pp. 213-229.

BRONCANO, F. (2010): “¿Tienen los expertos autoridad epistémica en la democracia?”, Foro CTS, *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad*. Disponible en: http://www.revistacts.net/index.php?option=com_content&view=article&id=352:el-debate-itiienen-los-expertos-autoridad-epistemica-en-la-democracia&catid=19:debates&Itemid=38.

CACIOPPO, J. y PETTY, R. (1982): “The need for cognition”, *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 42, pp. 116-131.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2001): “Democratising Expertise and Establishing Scientific Reference Systems”, *White Paper on Governance*.

CORBETT, J. y DURFEE, J. (2004): “Media Representations of Global Warming Testing Public (Un)Certainty of Science”, *Science Communication*, vol. 26, n° 2, pp. 129-151.

CROSS, R. y PRICE, R. (1999): “The Social Responsibility of Science and the public understanding of Science”, *International Journal of Science Education*, vol. 21, n° 7, pp 775 - 785.

DENEHY, J. (2008): “Water for sale: What Are the Cost?”, *The Journal of school Nursing*, vol. 24. n° 2. pp. 59-60.

DOMINICI, F., ZANOBETTI, A., ZEGER, S., SCHWARTZ, J. y SAMET, J. (2005): “The national morbidity, mortality, And air pollution study. Part IV: Hierarchical Bivariate Time-Series Models-a Combined Analysis of pm10 Effects on Hospitalization and Mortality”. *Health Effects Institute*, n°. 9, parte IV, pp 1-25. Disponible en: www.airimpacts.org/documents/local/NMMAPS4.pdf.

EVANS, G. y DURANT, J. (1995): “The relationship between knowledge and attitudes in the public understanding of science in Britain”, *Public Understand of science*, vol. 4, pp. 57-74.

FREWER, L., MILES, S., BRENNAN, M., KUZNESOF, S., NESS, M. y RITSON, C. (2002): “Public preferences for informed choice under conditions of risk uncertainty”, *Public Understanding of Science*, vol. 11, pp. 363-372.

FUNTOWICZ, S. y STRAND, R. (2007): “De la demostración experta al diálogo participativo”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS*, vol. 3, n° 8, pp. 97-113.

GALAN, I., ARANGUEZ, E., GANDARILLAS, A., ORDÓÑEZ, J. y ARAGONÉS, N. (1999): “Efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad: resultados del proyecto EMECAM en Madrid, 1992-1995”, *Revista Española de Salud Pública*, vol. 73, n°. 2, pp. 243-252.

GODIN, B. y GINGRAS, Y. (2000): “What is scientific and technological culture and how is it measured? A multidimensional model”, *Public Understand of Science*, vol. 9, pp. 43-58.

- GOMM, R., HAMMERSLEY, M., y FOSTER, P. (2000). *Case Study Method*, London, Sage.
- GREENWOOD, E. (1970): *Metodología de la investigación social*, Buenos Aires, Paidós.
- GUAITA, N. y JIMÉNEZ, L. (2008): "Agua y Sostenibilidad", *Índice: Revista de Estadística y Sociedad*, nº 28, pp. 14-17.
- HACKER, D, DUNLOSKY, J, y GRAESSER, A. (Eds.): *Handbook of Metacognition in Education*, New York, Routledge.
- J.S.G. (2006): "La contaminación del aire oscurece el cielo de la región", *El País*, Febrero 14, p. M1.
- LÓPEZ, L. y ZORRILLA, B. (2005): "Health EALTH impact assesdment of air pollution. Enhis-1 Project: WP5 Health impact assessment", *Local City Report*, Madrid. Disponible en: www.apheis.org/CityReports2005/Madrid.pdf.
- MANCOMUNIDAD DE AGUAS DEL SORBE (2010): "Análisis de agua tratada - Agosto". Disponible en: http://www.aguasdelsorbe.es/web/downloads.php?id_button=9&id_section=38.
- MCINERNEY, C., BIRD, N. y NUCCI, M. (2004): "The flow of Scientific Knowledge from Lab to the Lay Public", *Science Communication*, vol. 26, nº 1, pp. 44-74.
- MEDINA, S., y PLACENCIA, J. (2001) "Presentación de APHEIS, Contaminación atmosférica y Salud: Un Sistema Europeo de Información. Contaminación atmosférica y Salud Pública en Europa". Disponible en: www.apheis.org/Pdf/apheis_castillan.PDF.
- MENDES, R, SEVILLANO, E. y GARCÍA, J. (2011): "La contaminación del tráfico ensombrece Madrid y Barcelona", 8 de febrero. Disponible en: http://www.elpais.com/articulo/sociedad/contaminacion/trafico/ensombrece/Madrid/Ba rcelona/elpepusoc/20110208elpepusoc_1/Tes.
- MILLER, J. (1992): "Toward a scientific understanding of the public understanding of science and technology", *Public Understanding of Science*, vol. 1, pp. 23-26.
- MILLER, J. (1998): "The measurement of civic scientific literacy", *Public Understanding of Science*, vol. 7, pp. 203-223.
- MITCHELL, J. C. (1983): "Case and Situation Analysis", *Sociological Review*, vol. 31, pp. 187-211.
- NATIONAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL (NRDC) (1999): "Bottled water-pure drink or pure hype". Disponible en: <http://www.nrdc.org/water/drinking/bw/bwinx.asp>.

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2006): *Guías para la calidad del agua potable*. Vol. 1. Recomendaciones. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowsres.pdf.

PÉREZ-HOYOS, S., SÁEZ, M., BARCELÓ, M. A., CAMBRA, C., FIGUEIRAS A., ORDÓÑEZ, J., GUILLÉN, F., OCAÑA, R., BELLIDO, J., CIRERA, L., ALONSO, A., RODRÍGUEZ, V., ALCALÁ, T. y BALLESTER, F. (1999): "Protocolo EMECAM: análisis del efecto a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad", *Revista Española de Salud Pública*, vol. 73, nº 2, pp.177-185.

POWELL, M., DUNWOODY, S., GRIFFIN, R., y NEUWIRTH, K. (2007): "Exploring lay uncertainty about an environmental health risk", *Public Understanding of Science*, vol.16, nº 3, pp. 323-343.

REAL DECRETO 140/2003 (2003): *Boletín Oficial del Estado nº 45*, 21 de febrero.

ROJAS, R. (2003): "Normas de calidad de agua de bebida y riesgo a la salud", OMS/OPS/SDE/CEPIS-SB. Disponible en: www.bvsde.paho.org/.../Evaluación%20de%20Riesgos%20rev1.doc.

ROSELLÓ, B. (2007): "Aumentan las muertes por contaminación ambiental, según un estudio durante 30 años", *El Mundo*, 6 de Agosto, p. M3.

52 SHOTYK, W., KRACHLER, M. y CHEN, B. (2006): "Contamination of Canadian and European Bottled Waters with Antimony from PET Containers", *Journal of Environmental Monitoring*, vol. 8, pp. 288-292.

VAN DALEN, D.B. y MEYER, W.J. (1994): *Manual de técnica de la investigación educacional*, Barcelona, Paidós.

WHO (2003): "Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide". Disponible en: <http://www.euro.who.int/document/e79097.pdf>.

WILK, R. (2006): "Bottled Water. The pure commodity in the age of branding", *Journal of Consumer Culture*, vol. 6, pp. 303-325.

YIN, R. K. (2003): *Case Study Research. Design and Methods*, Londres, Sage.

APÉNDICE

Páginas Web seleccionadas a partir de Madrid.org y Apehis.net

Dirección Web	Resumen de Contenido	Tipo de información proporcionada
http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/E/fulltext/pamca/pamca.pdf	Directrices de la OMS para la elaboración de planes de acción para la mejora de la calidad del aire en América Latina y el Caribe. Incluye un programa orientado a mejorar las estimaciones del impacto de la contaminación del aire en la sociedad.	Accesoría: Sugiere tomar en cuenta, dentro de los programas, los efectos de la contaminación del aire.
http://lnweb18.worldbank.org/essd/env/ext.nsf/518ByDocName/TheEffectsOfPollutionOnHealthTheEconomicToll/SFILE/HandbookTheEffectsOfPollutionOnHealthTheEconomicToll.pdf En Ingles	Se refiere a la importancia de medir el impacto de la contaminación de aire y agua en la morbilidad y mortalidad, y a estudios epidemiológicos para determinar dosis-respuesta. Menciona los efectos en la salud y las diferentes técnicas que existen para medir el impacto de los efectos de la contaminación ambiental.	Diana: Alude a que existen efectos nocivos para la salud. No cuantifica los daños por exposición específica.
http://www.madrid.org/static/Files/site_122007487/cit_13710/Legislacion_calidad_aire.pdf?search=%22Legislacion_calidad_aire.pdf	Trata de la Legislación española en materia de inmisiones y emisiones por incineración de residuos. Establece los valores de contaminantes legislados como valor límite, umbral de alerta, margen de tolerancia, umbral de evaluación superior e inferior. Menciona cuales son los contaminantes considerados en la legislación.	Accesoría: La legislación informa de cuáles son los límites perniciosos, en general, pero no sobre los efectos en la salud.
http://www.madrid.org/cs/Satellite?idTema=1109265600623&c=CM_IntPractica_FA&pagename=ComunidadMadrid%2FEstructura&sm=1&pid=1109265444831&language=es&cid=1114185890941&px=1114187381641&segmento=1	Canaliza a una sección de información sobre directivas y órdenes del Consejo de las Comunidades Europeas en materia de contaminantes y protección del ambiente. Incluye una resolución sobre la Estrategia de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid y su Estudio de Incidencia Ambiental (informe de sostenibilidad ambiental)	Accesoría: Se refiere a la legislación en materia de contaminantes y zonas contaminadas, pero no establece cuáles son los efectos de la contaminación en la salud.
http://www.mma.es/portal/secciones/el_ministerio/actuaciones_publicas/pdf/redes.pdf	Información de las redes de vigilancia e iniciativas para mejorar la calidad del aire y la preservación de la atmósfera. Describe proyectos y programas que forman parte de redes de vigilancia y calidad de la contaminación atmosférica.	Accesoría: Relaciona iniciativas para mejorar la calidad del aire.
http://reports.eea.eu.int/92-9167-058-8/en/page004.html	Dirige a una página web sobre la vigilancia de la contaminación en Europa, problemas y tendencias.	Accesoría: Iniciativas para vigilar la calidad del aire.
http://www.emep.int/index_facts.html	Informa sobre el programa EMEP de contaminación transfronteriza a gran distancia (Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe)	Accesoría: Convenio sobre la contaminación transfronteriza.
http://www.madrid.org/cs/Satellite?idTema=1109265600623&c=CM_IntPractica_FA&pagename=ComunidadMadrid%2FEstructura&sm=1&pid=1109265444831&language=es&cid=1109168009902&segmento=1	Descripción de la red de control de la calidad del aire en la Comunidad de Madrid, donde se registran los niveles de contaminantes en la atmósfera, se definen los niveles de calidad del aire y se recomiendan actuaciones acordes con las situaciones de contaminación	Accesoría: Informa si los niveles de contaminantes han superado los valores permitidos y recomienda a la población qué actividades puede realizar.
http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=CM_Temas_FA&pagename=ComunidadMadrid%2FEstructura&sm=1&pid=1109265444831&language=es&cid=1109265600623&segmento=1	Es una sección de Madrid.org donde existen planes, actuaciones, información práctica y publicaciones en materia de Cambio Climático y calidad del aire.	Accesoría: Informa de actividades de formación y prevención de contaminación y preservación del medio.

53

2. Algunas de estas páginas web, consultadas originalmente por nosotros, ya no están disponibles.

<p>http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobtable=MungoBlobs&blobcol=urldata&blobkey=id&blobheadervalue1=filename%3Dmgr_cit_13710_zonificacion.pdf&blobwhere=11191267.17286&blobheadername1=Content-Disposition&ssbinary=true&blobheader=application%2Fpdf</p>	<p>Describe la red de control de la calidad del aire de la Comunidad de Madrid, estaciones y analizadores. Define los límites permisibles en zonas y aglomeraciones urbanas.</p>	<p><u>Accesoría</u>: Informa de límites permisibles y de la existencia de estaciones remotas.</p>
<p>http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobtable=MungoBlobs&blobcol=urldata&blobkey=id&blobheadervalue1=filename%3Dmgr_cit_13710_UbicacionEstaciones.pdf&blobwhere=1109168166370&blobheadername1=Content-Disposition&ssbinary=true&blobheader=application%2Fpdf</p>	<p>Informa de la ubicación de las estaciones de medida en el municipio de Madrid, contaminantes que se analizan, mapas y localización.</p>	<p><u>Accesoría</u>: Informa de la existencia de estaciones remotas.</p>
<p>http://www.iccm.es/medioambiente/rvca/ica.htm#1_Concepto</p>	<p>Índice de la calidad del aire en Castilla-La Mancha. Concepto y método para calcular y clasificar la calidad del aire.</p>	<p><u>Accesoría</u>: Informa sobre el cálculo de calidad del aire en la Castilla-La Mancha.</p>
<p>http://www.mambiente.munimadrid.es/</p>	<p>Red de control y vigilancia municipal de Madrid. Proporciona información sobre contaminación acústica y contaminación atmosférica, <u>valores límite de los contaminantes</u> y <u>efectos sobre la salud</u>.</p>	<p><u>Accesoría</u> : Se informa de las alteraciones que producen los contaminantes en la salud de los ciudadanos, pero no detalla los valores peligrosos de exposición a cada contaminante, ni incluye información de Alcalá de Henares</p>

Agradecimientos

El presente trabajo se llevó a cabo en el marco del proyecto EDU 2008-05359 del Ministerio de Ciencia y Tecnología (I.P. José Otero Gutiérrez). Agradecemos al Dr. F. Bolumar, de la Universidad de Alcalá, por la orientación proporcionada sobre aspectos del caso A, y a D. L. Blanco, de la Comunidad de Aguas del Sorbe, por los útiles comentarios sobre el trabajo. Sin embargo, cualquier error en el artículo es de nuestra sola responsabilidad. También, un agradecimiento muy especial a Luisa y a Daniel por su crucial colaboración en el estudio.

Prácticas efectivas y conocimientos parciales: negociaciones en torno a la “hipótesis del colesterol”

Effective practices and partial knowledge: negotiations around the “cholesterol hypothesis”

Rebeca Ibáñez Martín *

Los intentos de relacionar el colesterol alto con el riesgo de desarrollar una enfermedad cardiovascular se remontan a 1916. Es a partir de 1950 cuando se produce un momento de gran intensidad de estudios clínicos y epidemiológicos que buscan pruebas para esta relación. La hipótesis del colesterol, lejos de ser aceptada, estuvo sometida a una gran polémica durante la década de 1950, y también a gran atención por parte de la opinión pública. La importancia que adquieren las ideas sobre nutrición es fundamental para que se empiece a relacionar el colesterol adquirido a través de la alimentación con un elevado colesterol en sangre, y el efecto de este en el riesgo de sufrir una enfermedad cardiovascular. En este contexto, la aparición en el mercado estadounidense de una margarina a base de ácidos grasos vegetales poliinsaturados capaz de reducir el colesterol y la hipótesis que sostiene que un elevado colesterol supone un factor de riesgo para desarrollar una enfermedad coronaria son un ejemplo de la compleja relación entre investigación científica, industria alimentaria y consumidores. Todos ellos participan de un proceso de coproducción del conocimiento alrededor de colesterol, dieta y prevención de enfermedad coronaria.

55

Palabras clave: coproducción, colesterol, margarina, prácticas

Attempts to relate high cholesterol to the risks associated with cardiovascular disease date back to 1916. Since 1950, intensive clinical and epidemiological studies have sought evidence for this relationship. The “cholesterol hypothesis”, far from being accepted, enjoyed not only great debate during the 1950’s, but also great amounts of attention from the public. The importance gained by nutritional ideas was essential to establish a relation between cholesterol acquired through diet with high blood cholesterol and an increase of the risks associated with cardiovascular disease. In this context, the appearance on the U.S. market of a margarine based on vegetable polyunsaturated fatty acids that reduces cholesterol, and the hypothesis that high cholesterol is a risk factor for developing heart disease, are an example of the complex relationship between scientific research, food industry and consumers in this process. All of them participate in a process of co-production of knowledge about cholesterol, diet and prevention of coronary heart disease.

Key words: coproduction, cholesterol, margarine, practices

* Departamento de Ciencia, Tecnología y Sociedad, Instituto de Filosofía, Centro de Ciencias Humanas y Sociales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid. Esta trabajo ha sido posible gracias, en parte, a los proyectos Plan Nacional I+D+i, Proyectos FFI2008-06054/FISO y FFI 2009-07138-FISO. Correo electrónico: rebeca.ibanez@cchs.csic.es.

Introducción

Este artículo da cuenta de los antecedentes de la hipótesis del colesterol en el contexto norteamericano durante la década de 1950 en adelante. Según esta hipótesis, hoy en día ampliamente aceptada, los niveles altos de colesterol en sangre son un marcador en el riesgo de padecer alguna enfermedad cardiovascular.¹ Este colesterol puede ser elevado o reducido a través de cambios en la manera que comemos, así como por la acción de ciertos fármacos. El efecto que esta modificación de los niveles de colesterol tenga sobre la prevención o desarrollo de enfermedades como la aterosclerosis fue y es, hasta día de hoy, objeto de debate. Durante esta época (a partir de 1950 en adelante) de intensos debates e investigaciones sobre la relación entre grasas saturadas, colesterol en sangre y riesgo de padecer una enfermedad cardiovascular, se hacen públicas las primeras recomendaciones nutricionales, marcando el comienzo de las discusiones sobre el papel de las grasas en la salud y su distribución en la dieta, entre otros temas. La distinción, como se verá, entre grasas saturadas, monoinsaturadas y poliinsaturadas añade una nueva dimensión a las maneras en las que los consumidores empiezan a distribuir el consumo de grasa en la dieta. Además, es en este contexto donde aparece la primera margarina hecha a base de ácidos grasos poliinsaturados (aceite linoleico) que reduce el colesterol. En este texto se argumenta que la margarina poliinsaturada y la hipótesis del colesterol aparecen enredadas en un proceso de coproducción en el cual las primeras recomendaciones nutricionales sobre grupos alimentarios habían allanado el terreno para reforzar la centralidad de la dieta en relación a una buena salud y, en particular, la fundamentación teórica de la relación entre dieta, colesterol y riesgo de enfermedad cardiovascular. Así, las relaciones que se generaron entre recomendaciones nutricionales, el colesterol como marcador de riesgo de enfermedad cardiovascular y la margarina como sustituta saludable de la mantequilla para controlar el colesterol ocupan un papel central en la narración, que da cuenta de cómo se estabiliza y se extiende lo que aquí se denomina la “hipótesis del colesterol” en sus orígenes. A través de este proceso, la margarina de aceites de origen vegetal adquiere un nuevo estatuto de saludable gracias a su eficacia en la reducción del colesterol. A su vez, la hipótesis del colesterol alcanza mayor plausibilidad ya que cuenta con un efectivo agente para su control que, además, es alimentario.

56

Este artículo hace referencia exclusiva al entorno norteamericano, donde empieza a circular la hipótesis del colesterol. A partir de los años 50, comienza en Estados Unidos la búsqueda médica, a través de estudios clínicos y epidemiológicos, de una prueba que demuestre la relación entre colesterol alto y el riesgo de desarrollar una enfermedad cardiovascular. Por esta razón, se relata exclusivamente la historia de la margarina y de las recomendaciones nutricionales en este contexto determinado. Esta visión es pues necesariamente limitada en sus ámbitos geográficos y culturales, pero arroja luz sobre la aplicación de la teoría del colesterol en otros entornos, ya que

1. Hoy en día, el marcador de riesgo no es el colesterol total, sino los niveles de lipoproteína de baja densidad (LDL por sus siglas en inglés, *Low Density Lipoproteine*), o “colesterol malo”. Su contrapartida “saludable” es el HDL, o “colesterol bueno” (*High Density Lipoproteine*). Esta distinción no se aplicaba en el surgimiento de esta hipótesis del colesterol.

esta hipótesis, con sus variabilidades nacionales, está validada por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

1. El lenguaje de la coproducción

En 1993, Bruno Latour publica el ensayo *We have never been modern*, traducido al castellano como *Nunca fuimos modernos*. En él habla por primera vez de la coproducción de “las ciencias y las sociedades” (Latour, 1993: 134).² En este libro, Latour introduce la discusión sobre los híbridos y la hibridación como característica principal de las sociedades modernas. La nueva organización social, económica, política, científica y cognitiva, según este autor, se basa en la imbricación profunda de todos estos elementos que se “necesitan” los unos a los otros (Latour, 1993). Ya no es posible demarcar las fronteras de las disciplinas con un rotulador indeleble que las separe unas de otras; más bien, ahora se demarcan esas fronteras con una tiza que siempre acaba desdibujándose en algún lado del trazo. Son muchos los ejemplos contemporáneos de esta hibridación a la que hace referencia Latour. Siguiendo con el ejemplo de la alimentación, se puede pensar en los llamados alimentos funcionales.³ Estos alimentos funcionales presentan diferentes niveles, hibridaciones mercado-consumo-ciencia-tecnología-industria-sabor-salud. En los últimos años, se han empezado a articular los conceptos de “organizaciones fronterizas” y “trabajos de frontera” (Miller, 2001; Guston, 2001), precisamente cuando se plantea la cuestión de cómo resolver los problemas que provocan ciertos objetos híbridos, como los alimentos funcionales. Estos presentan un reto para la gobernanza de la ciencia, ya que los alimentos funcionales encarnan intereses tan dispares como los de la industria, la investigación universitaria, la seguridad alimentaria, las políticas de salud y prevención de enfermedades, los consumidores, el crecimiento económico y un largo etcétera. Es en estas nuevas formas de hacer ciencia, ciencia híbrida, en las que aparecen implicados múltiples actores que se gestionan a través de órganos transdisciplinares, a las que hace referencia Latour.

57

Los híbridos producidos por la ciencia son ejemplos paradigmáticos de esta multidimensionalidad. Mientras que en las discusiones tradicionales entre filósofos de

2. No obstante, el término coproducción aparece antes, en *Science in Action*, de 1987: “*Forgotten is the careful coproduction between Pasteurians and physicians of a new object, a serum against dyptheria, that, unlike the preventive vaccine was at last one that helped to cure*” (“Se olvida la cuidadosa coproducción entre los partidarios de Pasteur y los médicos de un nuevo objeto, un suero contra la difteria que, a diferencia de la vacuna preventiva, fue el que, por fin, ayudó a curar”) (Latour, 1987: 136).

3. Los alimentos funcionales son una categoría de alimentos difícilmente definible. En los intentos por limitar su ámbito conceptual han sido propuestas diversas conceptualizaciones, tales como “alimentos que proporcionan beneficios saludables más allá de las necesidades nutricionales básicas” (Siro et al, 2008: 456); o, de manera un poco más compleja, “alimentos de similar apariencia a un alimento convencional que están indicados para ser consumidos dentro de una dieta normal, pero que han sido modificados para favorecer las funciones fisiológicas más allá de un simple suministro de las necesidades de nutrientes” (Bech-Larsen y Grunert, 2003: 9); o como aquellos que, además “de formar parte de una dieta normal, han sido enriquecidos con alguna sustancia que ayuda a prevenir una enfermedad o mejorar las funciones fisiológicas del organismo” (Bech-Larsen y Scholderer, 2007: 231-34); o, en un intento de situarlos en su inevitable relación con el mercado, como “alimentos que han sido comercializados para promover la salud o la reducción del riesgo de padecer una enfermedad” (Niva, 2007: 384). En definitiva, son alimentos a los que se les ha añadido un componente ajeno a su composición natural, que los convierte en funcionales (Ibáñez y González, 2010).

la ciencia y sociólogos del conocimiento científico se enfrentaban las explicaciones en términos de “razones” a las explicaciones en términos de “intereses”, Latour se opone a estos enfoques unidimensionales defendiendo que no puede darse cuenta de los productos de la tecnología recurriendo ni únicamente a la naturaleza ni únicamente a la sociedad, porque ambas, lejos de ser preexistentes, están inscritas en ellos y se conforman al mismo tiempo. Naturaleza y sociedad, defenderá Latour, se “coproducen” mutuamente. De este modo, no se trata simplemente de ver a la ciencia en su contexto social de creación, sino de observar tanto a la ciencia como a lo social como algo único, formando parte del mismo plano.

La idea latouriana de la coproducción ha sido recogida y ampliada por otros autores tanto ligados a la literatura del actor-red (ANT por sus siglas en inglés, *Actor Network Theory*) como no necesariamente ligados a ésta, especialmente por Sheila Jasanoff (1996 y 2004). La elección del lenguaje de la coproducción permite dar cuenta de cómo se crea y se mantiene la estabilidad de ciertos fenómenos emergentes, particularmente de aquellos fenómenos relacionados con la creación de conocimiento (Jasanoff, 2004: 18). Es lo que Jasanoff (2004 y 2005) ha denominado la línea constitutiva de la coproducción. Siguiendo la aproximación constitutiva de Jasanoff, el propósito de este trabajo no es entender cómo los distintos mundos acogieron la hipótesis del colesterol, sino cómo los diferentes mundos produjeron la hipótesis del colesterol.

2. Marco general y antecedentes

2.1. Nutrición y salud

El énfasis que las instituciones públicas, la industria alimentaria, el marketing y los medios de comunicación han concedido a la alimentación como uno de los pasaportes para una buena salud en los últimos años es extraordinario. La concepción de la alimentación y de ciertos alimentos en particular como una importante fuente de salud y de bienestar es, desde luego, antigua y está tan extendida como lugares podemos imaginar. Sin embargo, hay algunas características novedosas en el planteamiento actual. Por una parte, la creciente visión bioquímica y la tecnificación de la alimentación han propiciado la descomposición de los alimentos en sus componentes químicos básicos y la correlación de los mismos con problemas específicos de salud. Por otra parte, las autoridades sanitarias han adoptado el paradigma preventivo, traducido en campañas destinadas a comunicar el mensaje de una alimentación “saludable” a la población. El discurso sobre una “dieta equilibrada” y el “comer adecuadamente” ha permeado la cotidianidad de ciudadanos abrumados que ahora saben que, si son demasiado indulgentes con ciertos alimentos, están poniendo en peligro su salud. Esta tendencia dominante de relacionar la alimentación con la salud ha convertido lo “saludable”, como forma de referirnos a la alimentación, en un nuevo concepto al servicio del marketing (Niva, 2007).

Ya no se trata (quizá nunca fue así) de comer para sobrevivir, sino de comer para aportar a nuestro cuerpo todos los nutrientes y vitaminas que necesita para estar en buena forma, y de proporcionarnos los elementos necesarios para prevenir la

aparición de enfermedades: leche enriquecida con vitamina D para la osteoporosis, tomates para prevenir el envejecimiento prematuro de la piel, aguacates para proporcionar a nuestro organismo el bautizado como “colesterol bueno”, margarina enriquecida con estanoles y esteroides vegetales para tener el colesterol “malo” a raya, entre otros.⁴

La alimentación tiene además unas dimensiones relacionales y culturales indiscutibles. La diversidad de la alimentación y de los contextos de las prácticas alimentarias es espléndida. No es lo mismo comer en la cantina con colegas de trabajo que en una cena íntima en pareja, de la misma manera que no es igual la comida que prepara un vegano que el menú de un celíaco para ir al campo o la comida que una mujer solía cocinar los domingos, a fuego lento, desde primera hora de la mañana. La alimentación presenta una extraordinaria variabilidad, diversidad y riqueza de significados.

Después de todo, parece que las apelaciones a la mesura en la alimentación para conservar una buena salud no son más que una parte de la grandísima variabilidad en las maneras en las que entendemos y practicamos nuestra alimentación. Sin embargo, esta relación entre dieta y salud, o este recurso a cierta alimentación como pasaporte para una buena salud, entra en contradicción con la increíble diversidad, sobreabundancia y proliferación de productos alimentarios que caracteriza las sociedades industrializadas.

Son muchos los autores que se han referido a esta nueva tendencia a conceptualizar la alimentación en relación a la salud como una característica más de la biomedicalización de asuntos cotidianos situados anteriormente fuera de la autoridad médica (Clarke et al, 2003; Pavone, 2007; Chen, 2009). El marco de la biomedicalización resulta de utilidad para señalar cómo las instituciones médicas toman cada vez mayor protagonismo en lugares de la vida anteriormente ajenos a ésta: ciertos aspectos de la vida cotidiana, antes fuera de la jurisdicción de la medicina, como la reproducción, el envejecimiento, la sexualidad o la alimentación, aparecen cada vez más definidos y tratados como problemas médicos (Clarke et al, 2003; Ogden, 1998; Greenhalgh y Wessely, 2004; Heasman y Mellentin, 2001; Williams, 1998). En este contexto, señalan Clarke y sus colaboradores, la gestión de la salud pasaría a ser una responsabilidad individual que se materializa, entre muchas otras vías, en el acceso a la información de carácter médico, el autocontrol del cuerpo, la gestión individualizada del riesgo y determinadas prácticas de consumo (Clarke et al, 2003). Sin embargo, el marco de la biomedicalización corre el riesgo de caer en generalizaciones, y se vuelve en ocasiones demasiado limitado, igual que se hace necesario complementarlo con estudios que atiendan a las prácticas y su carácter localizado, donde se constata que las prácticas médicas son cada vez más diversas y desordenadas (Mol, 2008) y que el proceso de biomedicalización no agota la complejidad de los fenómenos de los que pretende dar cuenta.

4. Los dos tipos de colesterol mencionados aquí son las lipoproteínas de baja intensidad (*Low density lipoproteins*, LDL, por su acrónimo en inglés) o colesterol “malo” y lipoproteínas de alta intensidad (*high density lipoproteins*, HDL, por su acrónimo en inglés) o colesterol “bueno”. Nos referiremos a estos tipos de colesterol por sus acrónimos en inglés, que son usados también en castellano. Ver nota 2.

El mencionado interés del público por la relación entre alimentación y salud es un buen ejemplo de cómo el consumo refleja las preocupaciones de los ciudadanos por la salud y cómo, al mismo tiempo, estas preocupaciones son inducidas en los ciudadanos a través de diferentes vías de comunicación (González e Ibáñez, 2008; Ibáñez y González, 2010). La prevención, la gestión y la privatización del riesgo de padecer una enfermedad han llegado a la alimentación a través del consumo, como muestra el auge del marketing de ciertos productos alimentarios, como por ejemplo los alimentos funcionales (González e Ibáñez, 2008; Ibáñez y González, 2010; Ibáñez y Santoro, 2011).

2.2. Las recomendaciones nutricionales

Los antecedentes de las actuales recomendaciones nutricionales (que defienden la adopción de una dieta “equilibrada” y que organizan los alimentos en grupos alimentarios) se remontan en Estados Unidos a 1862, cuando se creó el Departamento de Agricultura (USDA por sus siglas en inglés, *United States Department of Agriculture*). Esta agencia tenía como doble misión promover un suministro seguro y suficiente de alimentos a la población e informar al público sobre temas agrícolas (Nestle, 1990, 1993, 2002). A partir de la misma época, el descubrimiento progresivo de proteínas, carbohidratos, vitaminas y grasas, todos componentes bioquímicos de los alimentos, contribuyó al diseño de la clasificación de lo que se conoce actualmente como los grupos alimentarios. Estos grupos han sido la base para las recomendaciones nutricionales oficiales que la USDA lleva publicando desde 1916. Las recomendaciones originales consistían en folletos en los que se aconsejaba el consumo de alimentos de los denominados ya entonces “grupos protectores”, para así prevenir deficiencias de nutrientes esenciales (Nestle, 1993). El número de grupos “protectores” varió entre cinco, cuatro, siete y 12. Esta forma de aproximarse a la alimentación que inauguran estas primeras guías culmina en el modelo actual de la pirámide alimentaria, que se basa en una fragmentación de los alimentos en los nutrientes que los componen y en la cuantificación del aporte calórico que proporcionan. Este enfoque, que ha sido denominado “nutricionismo”, clasifica los alimentos por su composición nutricional al mismo tiempo que establece una relación directa entre estos componentes y sus efectos en el metabolismo (Scrinis, 2008a). Esta forma de entender la alimentación se centra exclusivamente en las reacciones químicas beneficiosas o perjudiciales que producen los alimentos en el cuerpo (como los antioxidantes en las frutas y hortalizas, la vitamina C en los cítricos, el Omega-3 de los pescados azules, o el colesterol de la grasa de las carnes rojas) (Scrinis, 2002, 2008b). Cuantificar y reducir la alimentación a sus efectos bioquímicos en el organismo humano fomenta una concepción particular de la alimentación como una sucesión o suma cuantificable de calorías y aportes nutricionales, quedando el bienestar del cuerpo subsumido a una gestión óptima de las cantidades (Scrinis, 2002, 2008a, 2008b). Esta visión no sólo oscurece la relacionalidad constitutiva de la alimentación, sino que también sanciona positivamente el consumo de productos altamente procesados, y no necesariamente sanos, debido a su descomposición y recomposición química. Tal es así que, irónicamente, el ketchup podría estar listado en el grupo de verduras y frutas, como apunta Nestle (2002).

2.3. La hipótesis del colesterol

Como escribe Marion Nestle en su influyente libro *Food Politics*: “Está bien establecido y aceptado por la comunidad científica que altos niveles de colesterol en la sangre predisponen a los individuos a desarrollar alguna enfermedad cardiovascular y que las grasas saturadas que predominan en las carnes y los productos lácteos suben los niveles de colesterol en sangre” (Nestle, 2002: 78).^{5 6}

La relación entre los niveles de colesterol en el torrente sanguíneo y el riesgo de desarrollar una enfermedad cardiovascular (ECV en adelante) parece bien establecida entre la comunidad científica, la práctica médica y la opinión pública: “Las enfermedades coronarias son la principal causa de muerte en las sociedades industrializadas. Dado que uno de sus factores de riesgo más importantes es la hipercolesterolemia, una terapia dietética eficaz encaminada a reducir este problema debe ser un objetivo prioritario. Ésta ha de aplicarse tanto a poblaciones de alto como de bajo riesgo” (Ortega et al, 2006: 89). En el informe “Control de la colesterolemia en España, 2000” (Plaza Pérez et al, 2000) se advierte de que “la hipercolesterolemia es uno de los principales factores de riesgo cardiovascular modificables. Numerosos estudios observacionales han confirmado el papel predictor y la existencia de una relación causal entre la colesterolemia y la cardiopatía coronaria” (Plaza Pérez et al, 2000: 816). El artículo informa de que la hipercolesterolemia en la población española es alta. “En personas de 35 a 54 años de edad, el 18% (18,6% varones y el 17,6% mujeres) tiene una colesterolemia igual o superior a 250 mg/dl y el 57,8% (56,7 en los varones y el 58,6 en las mujeres) igual o superior a 200 mg/dl” (Plaza Pérez et al, 2000: 816).⁷ Las “Directrices para la Gestión del Colesterol” publicadas en 2001 con

61

5. “Políticas de la alimentación”. El libro no está traducido al castellano.

6. “Actualmente, las grasas se distribuyen en cuatro grupos. Saturadas (mantequilla, queso, carne, productos cárnicos, leche y yogur enteros, tartas y masas, manteca, sebo de vaca, margarinas duras y grasas para pastelería, y aceite de coco y de palma); monoinsaturadas (aceitunas, colza, frutos secos - pistachos, almendras, avellanas, nueces de macadamia, anacardos y nueces de pecán-, cacahuets, aguacates y sus aceites); poliinsaturadas (Omega-3: salmón, caballa, arenque, trucha -especialmente rica en los ácidos grasos omega-3 de cadena larga, EPA o ácido eicosapentaenoico y DHA o ácido docosahexaenoico-, nueces, semillas de colza, semillas de soja, semillas de lino y sus aceites (especialmente ricos en ácido alfa-linolénico; Omega-6: Semillas de girasol, germen de trigo, sésamo, nueces, soja, maíz y sus aceites; algunas margarinas -consultar etiquetas-); y el último en añadirse a la familia, los ácidos grasos trans (algunas grasas para fritura y pastelería -por ejemplo, aceites vegetales hidrogenados-, utilizados en galletas, productos de pastelería, productos lácteos, carne grasa de ternera y oveja)” (EUFIC, 2011). Según las recomendaciones actuales, las grasas más recomendadas serían las poliinsaturadas y las monoinsaturadas. Las menos, la saturadas y los ácidos grasos trans (www.eufic.org, 31-01-2011).

7. Los niveles de colesterol se miden en miligramos (mg) de colesterol por decilitro (dl) de sangre. Según la Fundación Española del Corazón y la Sociedad Española de Cardiología (www.fundaciondelcorazon.com), los límites establecidos en el contexto español son los siguientes: normal, menos de 200 mg/dl; normal-alto, entre 200 y 240 mg/dl. Se considera hipercolesterolemia a los niveles de colesterol total superiores a 200 mg/dl; alto, por encima de 240 mg/dl. Para los niveles de colesterol malo (colesterol LDL), se considera normal menos de 100 mg/dl; normal-alto, de 100 a 160 mg/dl; alto, por encima de 160 mg/dl. Esta recomendación no significa que la cifra normal de LDL deba rondar los 100 mg/dl. En algunos casos, el nivel deseable de LDL puede ser incluso menor de 70 mg/dl. Para los niveles de colesterol bueno (Colesterol HDL) se considera normal una cifra superior a 35 mg/dl en el hombre y 40 mg/dl en la mujer. Para los triglicéridos se considera normal menos de 150 mg/dl; normal-alto, entre 100 y 500 mg/dl. Se considera hipertrigliceridemia a los niveles de triglicéridos superiores a 150-200 mg/dl; alto, por encima de 200 mg/dl. (www.fundaciondelcorazon.com/prevencion/riesgo-cardiovascular/colesterol.html, 31-01-2011). Esta fundación recomienda el tratamiento a base de fármacos, una vez diagnosticada la dislipemia, y si la dieta y el ejercicio físico no consiguen rebajar los niveles por sí solos. La elección de los fármacos depende de la anomalía dominante: elevación del LDL (colesterol malo); elevación de los triglicéridos; o niveles elevados en ambos casos. Algunos de los fármacos para pacientes con colesterol elevado son estatinas; resinas de intercambio; fitosteroles; fibratos o ácido nicotínico.

el auspicio del Instituto Nacional del Corazón, el Pulmón y la Sangre de EE.UU. (*National Heart Lung and Blood Institute*), autoridad y referencia en relación al colesterol y las ECV recomiendan iniciar un tratamiento “agresivo” a base de fármacos en pacientes de alto riesgo, con un nivel de LDL de más de 130mg/dl con el objetivo de alcanzar un nivel menor de 100 mg/dl (Lauer y Fontarosa, 2001, 2008). En la guía actualizada publicada en 2004 y avalada por varias instituciones médicas, se recomienda el tratamiento en pacientes de alto riesgo con un nivel de LDL igual o mayor a 130 mg/dl a base de fármacos y dieta.⁸ Además, se debe recomendar un cambio en la dieta en sujetos con un nivel entre 100 mg/dl y 129 mg/dl, siendo opcionales los fármacos (Grundy et al, 2004).⁹ Todos estos estudios ponen de manifiesto la necesidad de cambios globales en los hábitos para prevenir el riesgo de enfermedad coronaria. “Una dieta adecuada, y un estilo de vida saludable (...) pueden reducir el riesgo de enfermedad coronaria. Por ello, es deseable que la población adopte dichos hábitos de modo global y, en especial, aquellos grupos de personas con mayor riesgo de sufrir aterosclerosis, como son los fumadores, hipercolesterolémicos, obesos, diabéticos, hipertensos, sedentarios y los familiares de enfermos con cardiopatía isquémica precoz” (Plaza Pérez et al, 2000: 820). Esos cambios de hábitos para la población de riesgo bajo se basan en que “los aspectos dietéticos que más aumentan el riesgo de sufrir enfermedad coronaria son el aporte calórico excesivo y el consumo de grasa saturada” (Plaza Pérez et al, 2000: 821). Se debe recomendar, pues, “una dieta equilibrada”.

La dieta equilibrada no consiste sólo en gestionar adecuadamente los grupos de alimentos incluidos en la pirámide, sino que, además, han ido apareciendo alimentos específicamente diseñados para el problema del colesterol. La cantidad de productos alimentarios destinados a controlar o reducir el colesterol son parte fundamental en la circulación de las ideas y los materiales que tienen que ver con la hipótesis del colesterol. Una empresa española anuncia de esta manera un producto: “Reduce tu colesterol de forma eficaz con Benecol, único con estanol vegetal, ingrediente con más de 50 estudios clínicos. Benecol, único, eficaz y de *Kaiku*”.¹⁰ O también podemos encontrar este tipo de ideas sobre la salud y la alimentación en publicidad de la margarina: “La margarina *Flora Pro.activ*, enriquecida con esteroides vegetales, ayuda a reducir eficazmente los niveles de colesterol. Además, al tratarse de una margarina rica en ácidos grasos insaturados y prácticamente libre de ácidos grasos trans, es un alimento ideal para tomar diariamente en el marco de una alimentación variada y equilibrada”.¹¹ Pero, ¿cuál ha sido el proceso que está en el origen de la relación entre el colesterol, la grasa y la alimentación, tan estabilizada hoy en día?

8. Artículo aprobado por el Instituto Nacional del Corazón, Pulmón y Sangre además de por la Fundación Colegio Americano de Cardiología (American College of Cardiology Foundation) y por la Asociación Americana del Corazón (American Heart Association).

9. El factor de riesgo se mide de 0 a 10 con la herramienta de estimación del riesgo de padecer un ataque al corazón en 10 años que utiliza información del Framingham Heart Study (véase más adelante la nota 14), a través del cual se predice el riesgo individual. Sólo se aplica para personas de 20 años o mayores. Puede hacerse el test en la siguiente página web: my.clevelandclinic.org/ccforms/Heart_Center_Risk_Tool.aspx (2-07-2010).

10. Anuncio de televisión de ese producto: www.kaiku.es/inicio.html (20/01/2011).

11. Extraído de la página web de la empresa: www.quiereatucorazon.com/Consumer/Article.aspx?Path=Consumer/CholesterolAdvice/ProActiv/FloraProActivLight (21-01-2011).

2.4. Antecedentes en la hipótesis del colesterol: una breve historia de las vicisitudes de una relación controvertida ¹²

El conocimiento que vincula grasas, colesterol, dieta y ECV se puede dividir en tres enunciados distintos pero relacionados. En primer lugar, que “mayores niveles de colesterol están asociados de alguna manera con un mayor riesgo de enfermedad coronaria”. En segundo lugar, que “los niveles de colesterol pueden reducirse mediante la modificación del contenido de grasa y por tanto del colesterol a través de la dieta”. En tercer lugar, que “al reducir el colesterol se reducirá el riesgo de desarrollar ECV”. De estos tres enunciados, el primero y el tercero son aceptados dentro de la comunidad científica con polémica, mientras que el segundo enunciado goza de consenso (Garrety, 1997, 2006; Ravnskov, 1998, 2001; Ravnskov y McCully, 2009; Jones, 2009; Volk, 2007; Hu et al, 1999; Ordovás, 2005; Heinecke, 2011).

La hipótesis que defiende la relación causal entre la ingesta de grasas, el colesterol y el riesgo de desarrollar ECV comenzó a circular originalmente en 1913 cuando Nikolaj N. Anitschkow publicó los resultados de su experimento: en 1908 empezó a alimentar a conejos (vegetarianos en su vida normal) a base de leche y yemas de huevos. Poco después, los conejos desarrollaron aterosclerosis severa. Anitschkow demostró que era el colesterol lo que causaba aterosclerosis arterial de conejo, y que ésta era muy similar a la aterosclerosis humana (Finking y Hanke, 1997: 1). Este experimento se convertirá en el modelo experimental para la investigación sobre la aterosclerosis (Ordovás, 2005: 919; Finking y Hanke, 1997: 1). José Ordovás se pregunta en su artículo (2005) qué hubiera pasado si Anitschkow hubiera escogido para su experimento a algún animal más resistente a una dieta inductora de aterosclerosis como modelo experimental, como las ratas, por ejemplo.

63

En cualquier caso, la teoría de Anitschkow, pese a no alcanzar una aceptación unánime, logró sobrevivir. El médico norteamericano Ancel Keys recogió el testigo y comenzó en 1949 un estudio prospectivo y comparativo sobre la incidencia de ECV en Nápoles, Madrid y Minnesota.¹³ En 1953 presentó los resultados en la Conferencia Anual sobre Salud en Nueva York. El estudio de Keys demostraba que una dieta baja en grasa reducía el riesgo de ECV al descubrir que las poblaciones más pobres en estas tres ciudades no sufrían de ECV y lo achacaba, no sin cierto primitivismo

12. Los estudios CTS también se han ocupado del estudio de controversias en ciencia y tecnología y de analizar cómo en situaciones de conflicto se alcanza consenso. Buenos ejemplos de esta corriente son los estudios de M. Callon sobre el desarrollo (o fracaso) del coche eléctrico (1987), o el de Collins y Pinch (1982) sobre parapsicología. Sin embargo, en este artículo no trato de analizar la hipótesis del colesterol en términos de resolución de controversias. Insisto en la capacidad explicativa de la coproducción en la estabilización de la hipótesis del colesterol, frente a una explicación que recurra a la resolución de la controversia en la hipótesis del colesterol. Normalmente, en las discusiones sobre controversias se presentan a dos partes nitidamente diferencias donde, idealmente, la controversia acaba resolviéndose con la corroboración de la tesis de una de las partes (MacKenzie, 1990). Como apunta Sheila Jasanoff (1996), en las controversias se dan comúnmente más de dos actores implicados, las posiciones no son tan diferenciadas, y el nivel de desorden en las disputas suele ser la norma. En parte debido a este desorden que se da en la estabilización de la hipótesis del colesterol no movilizo los trabajos sobre controversias en ciencia y tecnología para dar cuenta de la estabilización de la hipótesis del colesterol, sino que recurro a la hipótesis de la coproducción, como se verá a lo largo del texto.

13. Este estudio es conocido como el *Minnesota Heart Survey*.

epidemiológico, a que sus dietas eran pobres en carne y productos lácteos (Keys, 1953; Garrety, 1997 y 2006; Greene, 2007). Sus conclusiones encontraron gran resistencia en el entorno médico del congreso y muchos criticaron la dramática receta de Keys: “Si la humanidad dejara de comer huevos, productos lácteos y carnes” la aterosclerosis “sería muy rara” (Garrety, 1997, 2006). Pese a la oposición que encontraron su conclusiones, Keys perseveró en su búsqueda del nexo entre la ECV y el colesterol adquirido de la grasa, dirigiendo el influyente *Seven Countries Study* (1954-1968), un estudio epidemiológico sobre el contenido de grasas en la dieta de distintas poblaciones (Keys et al, 1986; Garrety, 1997; Ordovás, 2005; Volk, 2007).¹⁴ En este estudio, Keys concluye que “existe una correlación entre las tasas de ECV y el porcentaje de la dieta que se compone de grasas” (Garrety, 1997, 735).

Este estudio es todavía hoy considerado referencia para la plausibilidad de la hipótesis del colesterol a pesar de que su diseño y puesta en marcha fue bastante deficiente. En primer lugar, no tenía en cuenta que “las formas de diagnóstico gozaban de gran variabilidad entre los países estudiados, lo que hacía difícil comparar las estadísticas médicas” (Garrety, 1997: 735). Además, tampoco tenía en cuenta otras muchas variables que podrían haber afectado la incidencia de ECV, “como otras enfermedades, el nivel de actividad física, el número de fumadores, u otros componentes de la dieta” (Garrety, 1997: 735). Marion Volk (2007) ha examinado la evidencia existente en torno a la hipótesis del colesterol y llama la atención sobre la ausencia de información que explicara “por qué eligió precisamente a esos siete países, cuando existían datos disponibles sobre 22 países. Además, la estimación de la proporción de grasas ingeridas no se hizo calculando la comida y las grasas ingeridas por los participantes, sino calculando la cantidad de comida y de grasas disponibles en cada país para su consumo” (Volk, 2007: 235).

Sin embargo, antes de finalizar el *Seven Countries Study* varios nutricionistas empezaron a interesarse por estos resultados controvertidos (Mayer, 1960), particularmente en la posibilidad de que existiera una relación directa entre obesidad, colesterol y riesgo de desarrollar una enfermedad cardiovascular. Además, el debate salta a la arena pública a través de los medios de comunicación ya en 1950. La revista *Newsweek* publica en 1954 un artículo en el que aparece un reportaje con un atractivo título: “Fat’s the villain”. En este reportaje se hacía referencia al estudio pionero de Keys (1953) y se aseguraba: “Recientemente, una encuesta a nivel mundial ha demostrado que los problemas cardiovasculares son más comunes en países donde se consumen más grasas en la dieta” (Garrety, 2006: 8). En cualquier caso, la discordia se hacía notar en los círculos médicos. Poco a poco, la preocupación por

14. Se eligieron 16 poblaciones de estos países: Holanda, Yugoslavia, Finlandia, Japón, Grecia, Italia y EE.UU. Los investigadores eligieron dos o tres grupos en cada país, y tomaron muestras de su peso, dieta, presión sanguínea, ejercicio y si fumaban o no. Siguieron a hombres de entre 40 y 59 años primero durante 5 años, recogiendo todas las patologías cardíacas y las muertes que se dieron. Posteriormente, se midieron los factores de riesgo en los años 5 y 10. El periodo de observación se extendió durante 25 años en total. Los análisis se centraron en analizar las concentraciones de colesterol expresadas en mg/dl. Los datos de mortalidad fueron recogidos durante el periodo de 25 años. Los datos fueron analizados por una misma persona, que revisó las causas de la muerte en los certificados de defunción, las historias médicas, y los datos hospitalarios del paciente (Volk, 2007: 230).

las grasas se abría paso tanto en las guías nutricionales como en los círculos expertos y acababa filtrándose a la opinión pública. El 19 de abril de 1954, la revista *Time* publica un artículo en el que se informa de la reunión en Chicago de la Asociación Americana del Corazón (la AHA por sus siglas en inglés, *American Heart Association*). Durante la reunión, según este reportaje, se discutieron los avances en la investigación sobre las causas de ECV. Una de las líneas de actuación que se acordaron tras esa reunión fue la de recomendar a los médicos que “deben acoger el cambio de dieta y la reducción drástica de grasas con cautela” (*Time*, 1954). No obstante, aparecen mensajes preocupados y críticos con la hipótesis del colesterol, como por ejemplo otro artículo publicado por *Newsweek* en mayo de 1957 titulado “Diet Mania - Do Fats Really Kill?” (Garrety, 2006: 8).

Aunque sólo se contara con pruebas poco concluyentes y pobres datos epidemiológicos, los estudios sobre la relación entre el colesterol y la incidencia de ECV continuaron. Así, los resultados del *Framingham Heart Study* (1948-1968) se convirtieron en el referente de la hipótesis del colesterol junto con el *Seven Countries Study* (1958-1968), y además marcaron la medición actual de los factores de riesgo (Epstein, 2007).^{15 16} Estos dos estudios validaron a principios de 1960 la correlación entre la ingesta de grasas saturadas y el nivel de colesterol en sangre y la relación de estos con la incidencia de ECV. Keys declaró que el *Seven Countries Study* demostraba la relación de las ECV con las grasas saturadas, mientras que parecía que había una relación negativa entre las ECV y las grasas poliinsaturadas (Keys et al, 1986). En cualquier caso, el *Framingham Heart Study* estableció los factores de riesgo de desarrollar ECV, que se convirtieron en categorías “pre-patológicas” (Greene, 2007: 151) y, además, sirvió como modelo en los sucesivos estudios que persiguieron confirmar la hipótesis del colesterol hasta el día de hoy (Greene, 2007; Volk, 2007).

65

En 1940 la USDA publicó “A guide for good eating” (Guía para una buena alimentación), conocida popularmente con el nombre de *Basic Seven*, Los siete básicos. En esta guía de 1940, los alimentos se dividen en siete grupos y se distribuyen en una rueda o plato. Al contrario de lo que ocurría en las guías anteriores, en esta se hace una vaga referencia al consumo de grasa (se recomienda el consumo de “algo” de mantequilla o margarina fortificada diariamente) mientras que no hace ninguna referencia a los o azúcares. En las guías anteriores de 1916, 1917, 1921 y

15. “El *Framingham Heart Study* se llevó a cabo en la Universidad de Boston, con la colaboración del Instituto Nacional del Corazón (hoy Instituto Nacional del Corazón, el Pulmón y la Sangre, o NHLBI). El estudio original consistió en una muestra aleatoria de dos tercios de todos los adultos con edades comprendidas entre 30 y 62 años, con domicilio en Framingham, Massachusetts, en 1948. De los 5209 participantes originales, aproximadamente 1095 se sabía que continuaban vivos en febrero de 1998. El objetivo del Estudio Framingham era identificar los factores comunes que contribuyen a la ECV por su evolución en un largo período de tiempo, a través del grupo de participantes que no habían desarrollado todavía síntomas evidentes de enfermedades del corazón o que no habían sufrido un ataque al corazón. El estudio original incluyó preguntas sobre edad, sexo, historia familiar, ocupación, nivel educativo, origen nacional, los niveles séricos de lípidos, y la actividad física. Debido a la gran cantidad de participantes que no respondieron a esas preguntas, algunas se omitieron de la evaluación. No hay información sobre el número de abandonos” (Volk, 2007: 234).

16. Ver nota 8.

1923 (*Food For Young Children; How to select Foods; A weeks' food for an Average Family; Good Proportions in the Diet*) sí que había una referencia explícita a las grasas y azúcares.¹⁷ En todas ellas se distinguían cinco grupos de alimentos, entre los cuales los alimentos grasos suponían un aporte del 20% de calorías, mientras que los azúcares suponían un 10%.

En 1956 se publica la famosa guía conocida como *Basic Four, o Essentials for an Adequate Diet*.¹⁸ En ella se reducen los grupos a cuatro para simplificar la anterior rueda con siete grupos de 1940, que era demasiado compleja. La novedad de esta guía es que introduce las cantidades recomendadas diariamente. Pero los azúcares y las grasas vuelven a desaparecer. A pesar de esta notable ausencia, *Basic Four* presenta la interesante particularidad de que se constata y explícita en un apartado el aumento del consumo de grasas entre la población norteamericana. Este apartado sólo se queda en una mención, ya que en las nuevas recomendaciones todavía no aparecen las grasas como grupo específico (recordemos que desaparecieron en 1940 con *Basic Seven*, mientras que habían estado presentes como grupo tanto en las recomendaciones anteriores) (Hunt y Atwater, 1916; Hunt, 1916; USDA, 1946).

En la guía *Basic Four* (1956), los autores dan cuenta de que “cada individuo consume cada vez más productos lácteos (excepto el consumo de mantequilla que se ha reducido). También ha aumentado el consumo de huevos, pollo, vegetales y frutas. El consumo de grasa y de azúcares es más alto que a principios de siglo, aunque consumimos menos azúcar que entre guerras” (USDA, 1956: 203). El porcentaje de calorías provenientes de la grasa, informa el documento, se ha incrementado “de forma bastante considerable” (Ibíd.) en 40 años “pasando de un 32% a un 38%” (Ibíd.). El documento reconoce, asimismo, que “si el cambio en la fuente de nuestras calorías, más de grasas y menos de hidratos de carbono, es deseable nutricionalmente o no, es cuestionable y merece mayor estudio” (Ibíd.). Como se ve, ya en 1956 las recomendaciones nutricionales llamaban la atención sobre las grasas como asunto “a tomar en consideración”. Sin arriesgarse a tomar partido en la disputa, se demuestra sin embargo que existía ya preocupación en torno a esta tendencia. Como más adelante se verá, la grasa, sobre todo la grasa saturada, se convertirá poco a poco en el protagonista de una hipótesis, la del colesterol, que irá consolidándose en las prácticas públicas, tanto médicas como de consumo y que, además, tendrá una contrapartida “saludable”, la grasa poliinsaturada, en una suerte de dicotomía fácilmente identificable como “grasa mala” o “grasa buena”.

En 1957, la AHA publica un informe de 16 páginas en la revista *Circulation* en el que advierte que “no hay suficientes pruebas disponibles para permitir una postura rígida sobre cuál es la relación entre la nutrición y, en particular, el contenido de materias grasas de la dieta y la aterosclerosis” (*Time*, 1957). La AHA hace explícita su postura de no recomendar ningún tipo de cambio drástico en la manera en la que comen los norteamericanos. Bien es verdad que con una concesión notable: admitir que, para

17. “Alimentos para niños”; “Cómo seleccionar los alimentos”; “La comida semanal para una familia media”; “Buenas proporciones en la alimentación”.

18. “Los cuatro básicos” y “Lo esencial para dieta adecuada”.

una buena salud general, en cualquier dieta “el contenido de grasas saturadas debería ser suficiente sólo para ayudar a satisfacer las demandas del organismo de ácidos grasos esenciales (que se encuentran en las grasas no saturadas) y las calorías” (*Time*, 1957). La ambivalente postura mantenida por la AHA en aquel comunicado pone en una difícil situación las recomendaciones nutricionales. ¿Cuántas “grasas” son suficientes en una dieta “equilibrada”? ¿Y cómo pensar la alimentación bajo esta perspectiva? ¿Contando calorías? ¿Dónde y cómo podrán los consumidores preocupados (o, más concretamente, la gente que come) encontrar las calorías y las grasas que se mencionan?

En 1959, las investigaciones médicas y la práctica clínica aún difieren sobre muchos detalles de la relación entre una dieta alta en grasas y el alto índice de mortalidad por enfermedad coronaria en los EE.UU., pero cada vez más médicos están llegando a una conclusión práctica: reducir las grasas “sin esperar a los hechos” (*Time*, 1959). Estos mismos doctores recomiendan un cambio sustancial de las grasas saturadas de origen animal por los aceites de origen vegetal. Keys va un poco más allá y recomienda una reducción de entre el 25% y el 30% de grasas. Más importante aún, recomienda que sólo la mitad de estas grasas sean saturadas y el resto, insaturadas (*Time*, 1959).

Para Keys, un obstáculo fundamental para transformar la composición de la dieta en EE.UU. “ha sido la actitud de las industrias cárnica y láctea” (*Time*, 1959). ¿Cómo comer entonces? Las diferentes posturas cada vez se acercan más a una línea común que dice: es necesario comer “de otra manera”. Pero, esta manera nueva de comer, no es ni mucho menos evidente en 1959 ni tampoco está siendo practicada. Es pues necesario pensar que las recomendaciones de Keys están activando nuevas prácticas del comer, al mismo tiempo que las nuevas formas de acercarse a la comida apuntalan estas ideas. Para añadir evidencia y extender una acción práctica que posibilite la plausibilidad de este cambio, Ancel Keys invita a un testigo creíble: un ama de casa y esposa. El ama de casa elegida es ni más ni menos la esposa del famoso doctor anticolesterol: la mujer de Ancel Keys. “Para ayudar al ama de casa a traducir todos estos datos en platos dietéticos, Margaret Keys ha publicado un libro con menús para todos los días durante las cuatro estaciones, y con todo tipo de recetas” (*Time*, 1959).

A partir de 1960, y a pesar de que continúan las investigaciones epidemiológicas, la relación entre la dieta y las ECV parece bien establecida. Tanto es así que la AHA y la AMA (*American Medical Association*, la Asociación Médica Americana) cambian radicalmente sus posturas con respecto a la hipótesis del colesterol y lanzan unos comunicados en los que recomiendan a la población que reduzca el consumo de grasas (Garrety, 1997: 739). La AMA reconoce que “todavía carecen de la prueba definitiva”, pero que es recomendable la reducción del consumo de grasas, incluso entre la población sin problemas coronarios previos (Garrety, 2006: 15). Es posible que la búsqueda de una explicación causal, lineal y simple, partiendo de la inicial relación a principios de siglo XX entre grasas y enfermedades cardiovasculares, activara la aceptación de la hipótesis del colesterol. Como argumenta Jeremy Greene, la hipótesis de colesterol se basaba en un “único agente causal”: el colesterol tiene un impacto causal en la enfermedad y por lo tanto, la enfermedad “puede ser

entendida en términos mecanicistas”, o como una enfermedad infecciosa, que tienen un agente singular, la bacteria, que causa la enfermedad, la infección (Greene, 2007: 153).

Como se verá en las secciones siguientes, la hipótesis de colesterol, su relación con el riesgo de padecer enfermedades coronarias y el desarrollo de ciertos productos alimentarios capaces de reducir el colesterol están inmersos en un proceso de producción y aceptación mutua.

3. La coproducción de la hipótesis del colesterol y la margarina como alimento saludable: de la incertidumbre a la certidumbre

3.1. La lógica de la hipótesis del colesterol

Si analizamos la lógica de la hipótesis del colesterol encontramos grandes incertidumbres en cada uno de los pasos que requiere:

- el supuesto de que el colesterol que se obtiene a través de la dieta tiene una relación positiva y lineal con los niveles de colesterol en sangre: pruebas no concluyentes (Volk, 2007; Helfand et al, 2009; Ravnskov, 1998, 2001);
- la suposición de que los mayores niveles de colesterol en sangre tienen una relación lineal con un mayor riesgo de enfermedad coronaria: pruebas no concluyentes (Volk, 2007; Mente et al, 2009; Helfand et al, 2009);
- la suposición de que los niveles de colesterol en sangre pueden reducirse mediante fármacos como las estatinas: buena evidencia, al menos para estatinas (Greene, 2007; Constance, 2009);¹⁹
- la suposición de que los niveles de colesterol en sangre pueden reducirse mediante la modificación del contenido de grasa y el colesterol de la dieta: buena evidencia (Greene, 2007; Hooper et al, 2001);
- por último y lo más importante para nuestro estudio, la suposición de que al reducir el colesterol de la dieta se reducirá el riesgo de desarrollar la enfermedad coronaria: pruebas no concluyentes (Mente et al, 2009; Jones, 2009; Volk, 2007; Helfand et al, 2009; Ravnskov, 1998, 2001).

En 1959, la USDA publica el documento *Fats and fatty acids* (“Grasas y Ácidos Grasos”) (Coons, 1959). En él se describen por primera vez y de forma pormenorizada las diferencias entre los distintos tipos de grasas, la estructura bioquímica de éstas y los efectos “conocidos” en el metabolismo humano. En este documento se vuelve a constatar (como en 1956) el crecimiento del consumo individual de calorías procedentes de la grasa. Para 1959, las cifras son del 42% frente al 38% de 1956. Uno de los objetivos de este estudio, además del descriptivo,

19. Sí parece que las estatinas tienen un efecto en la reducción tanto del colesterol, como del riesgo de padecer una enfermedad cardiovascular. Lo que no está claro es el mecanismo de esta reducción de riesgo de ECV: si es por la reducción del colesterol, o si es porque las estatinas tienen un mecanismo independiente de la reducción del colesterol que hace que sea efectivo en la prevención de la ECV (Volk, 2007; Ravnskov y McCully, 2009; Greene, 2007).

era el de ayudar a los lectores a elegir “los tipos de grasas que debemos consumir dada la gran variedad que existe en las tiendas y en las mesas” (Coons, 1959: 75). Es decir, defiende la introducción de nuevas prácticas a la hora de comer inclinándose hacia una lógica de la “elección” en este ámbito, el de la alimentación. Esta lógica de la elección imagina a un tipo de individuo concreto, aquel que en su cotidianidad sopesa los pros y los contras de sus prácticas (elecciones) a la hora de alimentarse, de una manera racional y meditada.²⁰ El texto se hace eco de la discrepancia acerca de la hipótesis del colesterol y el impacto de las grasas en el colesterol y la aterosclerosis. Como se ve, la controversia del colesterol viajó rápidamente no sólo dentro de los círculos científicos, sino también a las jóvenes instituciones dedicadas a la comunicación de información sobre los alimentos a los ciudadanos. Lo cierto es que, desde 1940, el número de casos de problemas por ECV se había incrementado de tal manera que se había convertido en una preocupación urgente de salud pública (Coons, 1959). En este documento, *Fats and fatty acids*, se informa, por ejemplo, que el ácido linoleico presente en ciertas grasas reduce el colesterol en sangre “en ciertas condiciones” (Coons, 1959: 78). Es así como de manera un tanto indirecta todavía, el colesterol se cuela en estas recomendaciones. La autora de este informe advierte: “La importancia del colesterol en el metabolismo de la grasa, y lo que regula su constitución y distribución en el cuerpo, ha sido un área de intensa investigación que hasta ahora nos ha dado únicamente respuestas parciales” (Coons, 1959: 81). Esas respuestas parciales, según la autora, son que “muchos investigadores han llegado a la conclusión de que la aterosclerosis, con su engrosamiento generalizado de la pared arterial interior, podría ser consecuencia de un metabolismo anormal del colesterol, sea cual sea el fallo metabólico” (Ibíd.). A pesar de que se hace constar el fenómeno como controvertido, su línea argumental sigue la hipótesis del colesterol, ya que aporta datos sobre las investigaciones que avalan esta hipótesis, tanto a través de experimentos con animales como epidemiológicas. Por último, antes de pasar a describir los estudios epidemiológicos relacionados con el colesterol, Coons hace una importante referencia: los niveles altos de colesterol se pueden reducir a través de la dieta. “El colesterol elevado en el plasma se reduce: por la ingesta relativamente alta de ácidos grasos linoleico y, quizá, poliinsaturados; por una ingesta elevada de ácido nicotínico; sustituyendo azúcares por almidones dietéticos; adoptando una estricta dieta vegetariana; así como estimulando el metabolismo a través del ejercicio regular” (Coons, 1959: 83). Es decir, se sabe que el colesterol se reduce a través de la alimentación, pero no se sabe con certeza que esta reducción tenga un efecto beneficioso en la salud. Por un lado, tenemos una práctica efectiva. La práctica efectiva se encuentra en el comer. El acto de comer algunos alimentos específicos impacta positivamente en la reducción del colesterol. Funciona. Por el otro, tenemos unos conocimientos parciales, la investigación científica aún no sabe, o sólo dispone de datos parciales, sobre si el colesterol elevado en sangre aumenta las probabilidades de desarrollar aterosclerosis.

Mientras se buscaba una explicación para el aumento del número de muertes por ECV y empezaban a publicarse guías nutricionales con una presencia cada vez

20. Para una crítica a la lógica de la elección racional frente a la lógica del cuidado en la práctica médica, véase: Annemarie Mol, 2008.

mayor de las grasas, apareció la primera margarina hecha a base de grasas vegetales poliinsaturadas. Se trataba de una margarina llamada *Emdee*, que apareció a la venta en mayo de 1958.²¹ La nueva información sobre las diferencias entre lípidos y sus efectos sobre el colesterol configuró y añadió una nueva dimensión a la hipótesis del colesterol en donde la industria alimentaria pasará de tener una presencia importante a convertirse en un actor fundamental en la hipótesis del colesterol.

En el mismo documento al que se ha hecho mención más arriba se distingue entre ácidos grasos saturados, ácidos grasos monoinsaturados y ácidos grasos poliinsaturados (Ibid.). Para el propósito de este texto, conviene hacer referencia a los datos que se da sobre este último tipo de ácidos grasos: “De los tres tipos de ácidos grasos poliinsaturados, conviene señalar la centralidad en la dieta del aceite linoleico. [...] Cuando suma un 25% de la ingesta total de grasas en el consumo humano, el *ácido linoleico* baja el colesterol en sangre en adultos. También parece que cumple otras funciones metabólicas que todavía no se han logrado definir de forma satisfactoria” (Coons, 1959: 78. Énfasis añadido).

En este contexto aparecerá la primera margarina poliinsaturada con gran presencia de ácido linoleico (a base de ácidos grasos poliinsaturados provenientes de aceites vegetales): la margarina *Emdee* comercializada por Pitman Moore Co., que saltó a la venta en mayo de 1958 en Estados Unidos.²² La descripción de esta nueva margarina

21. El nombre *Emdee* en inglés recuerda al acrónimo MD, que quiere decir Medical Doctor. Es, pues, una clara referencia al carácter médico de esta margarina en un intento de establecer esta relación, como bien notan Garrety, 1996, y Greene, 2007. Además, esta margarina se podía encontrar sólo, en principio, en las farmacias.

22. La margarina se había inventado en Francia en 1817, donde fue principalmente consumida por la población de renta tan baja que no podía permitirse comprar mantequilla u otras fuentes grasas. Originalmente, estaba hecha a base de restos de grasas de carne de vacuno. Estados Unidos compró la patente en 1873, pero ahí comenzó una carrera continua de prohibiciones e impuestos altísimos sobre este producto en todo el país durante más de seis décadas, hasta que todas las restricciones desaparecieron con la Ley de la Margarina de 1950[0] (Margarine Act) (Ball y Lilly, 1982; Duprao, 1998). La margarina, u oleomargarina como se llamó originalmente, estaba elaborada con grasas animales primero, y con vegetales más adelante, coloreada con tinte para adquirir el distintivo color amarillo. La margarina presentaba el mismo aspecto que la mantequilla y un sabor parecido al de la mantequilla, pero lo más importante era que la margarina se vendía a la mitad del precio de la mantequilla. Entre los años 1873 y 1950, la margarina fue víctima de un “patrón sostenido de prohibición y fuertes impuestos por parte del gobierno nacional de EE.UU. y de casi todos los estados de la unión” (Miller, 1989: 88). Las leyes anti-margarina, según Miller (1989), fueron el resultado de la construcción de un poderoso y altamente sofisticado plan para defender los intereses de la industria láctea estadounidense. Missouri prohibió la sustancia en 1881. El estado de Nueva York prohibió la margarina en 1884 al igual que Maine, Minnesota, Wisconsin, Ohio (con excepciones), Pennsylvania y Michigan en 1885. Estas leyes prohibieron la fabricación o posesión de margarina con la intención de venta. Las penas máximas fueron una multa de 1000 dólares o un año de prisión. El Tribunal Supremo de Estados Unidos instauró una ley intentando suprimir la comercialización de la margarina en 1885. Esta ley fue finalmente declarada inconstitucional por el mismo tribunal, ya que se trataba de un producto inocuo y sano. Sin embargo, al año siguiente, el mismo tribunal argumentaba: primero, que la margarina era sin duda perjudicial, y, segundo, que la fabricación de margarina era intrínsecamente fraudulenta. En 1886, 24 estados habían aprobado leyes restrictivas. La Ley de la Margarina de 1886, fue elaborada a base de recomendaciones formuladas por los representantes de los intereses lácteos procedentes de 26 estados (Ball y Lilly, 1982). La interesante historia de la margarina en EE.UU. ha sido estudiada por muchos, véase por ejemplo: Ball, R. A. y Lilly, J. R. (1982): “The Menace of Margarine: The Rise and Fall of a Social Problem”, *Social Problems*, 29(5), 488-98; Duprao, R. (1999): “‘If it’s Yellow, It Must be Butter’: Margarine Regulation in North America Since 1886”, *The Journal of Economic History*, 59 (2), 353-71; Scrinis, G. (2002): “Sorry, Marge”, *Meanjin*, 61(4), 108-116.

se publicó en *Science News Letter* el 16 de agosto de 1958, una revista de divulgación científica:

Una nueva margarina se ha desarrollado, en la que el 80% del contenido de materias grasas proviene de aceite de maíz no hidrogenado. El aceite de maíz puede ayudar a controlar los niveles de colesterol en sangre. La margarina Emdee, como se llama, puede resultar un sustituto seguro de la materia grasa para quienes sufren de enfermedades del corazón, quienes tienen normalmente restringido el consumo de grasa animal y, por lo tanto, la ingesta de mantequilla. El desacuerdo sobre la relación entre aterosclerosis, ingesta de grasa y colesterol en sangre, los depósitos grasos que obstruyen las arterias y dan lugar a ataques al corazón, ha continuado durante años sin encontrar ninguna asociación definitiva, y sin embargo vinculando la ingesta de grasa como la causa directa de la formación de colesterol. El nivel de colesterol de algunos individuos aumenta con el consumo de grasa animal y de grasa vegetal hidrogenada, aseguran los desarrolladores de este nuevo proceso, de la firma Pitman Moore Company, Indianápolis, Ind. El aceite de maíz no hidrogenado está procesado de forma que conserva el contenido original de ácidos grasos insaturados. Cada 100 gramos proporcionan 34 gramos de ácido linoleico y otros 18 gramos de ácidos grasos insaturados. Además, está fortificada con vitaminas A y D, y el contenido calórico es igual al de otras margarinas” (*Science News Letter*, 1958: 104-5).²³

71

El distinto efecto que los diferentes tipos de grasas tenían sobre el colesterol se hacía más evidente, pese a que se carecía de pruebas definitivas que confirmaran la relación entre el elevado colesterol en sangre y la incidencia de ECV. Sin embargo, esta distinción cualitativa entre grasas añade un nuevo significado a las prácticas de investigación, alimentación y comunicación. En 1957 aparecen dos artículos sobre este tema en la revista *Time* (1957, 1957b). El segundo, titulado “¿Aceite para Arterias con Problemas?” (*Time*, 1957b), dice: “Cada vez hay más evidencias, aunque lejos de ser concluyentes de que: 1) altas cantidades de colesterol en la sangre pueden aumentar el riesgo de ataques al corazón, y 2) la ingesta de ácidos grasos insaturados como el ácido linoleico, derivado principalmente del aceite vegetal, disminuye la cantidad de colesterol” (*Time*, 1957b). Una vez más, nos encontramos con esa dicotomía a la que hacíamos mención antes. Existe una práctica efectiva: comer ciertos alimentos reduce el colesterol. Más aún, las grasas ahora tienen dos significados bien distintos y bien discernibles: o reducen o aumentan el colesterol, que se podría traducir (y así se hará) en que son buenas o malas. Pero tenemos también su contrapartida incierta: ¿es la reducción del colesterol un detonante fundamental en la prevención de ECV?

23. Merece la pena señalar que la aparición de la margarina de Emdee coincide con el lanzamiento del *Framingham Heart Study* a finales de 1957, en medio de la controversia del colesterol.

La margarina no era ninguna novedad en las prácticas de alimentación cotidianas de la época. Hasta 1912, la margarina era básicamente un sustituto de la mantequilla para quienes no se podían permitir esta última. No tenía, ni muchísimo menos, la connotación de sustituto “saludable” de la mantequilla. Más bien todo lo contrario, era un producto barato, vulgar, al que uno se tenía que resignar. Con la identificación de los efectos de las vitaminas A y D, presentes en la mantequilla, algunos fabricantes de margarina comenzaron a fortificarla. Ya en 1920 casi todos los fabricantes agregaban vitamina A y D a una margarina ahora compuesta básicamente de aceite de coco (Ball y Lilly, 1982; Clark, 1983; Duprao, 1998). A partir de 1930, la grasa de la margarina se extraía principalmente de aceite de semilla de algodón y de soja (ambas de producción norteamericana), lo que hizo que mejorara su aceptación por parte de la industria nacional de aceites como puede esperarse de una industria en expansión (Clark, 1983). En 1944, sólo el 8% de las grasas de la margarina eran de origen animal (Ball y Lilly, 1982) y en 1957 más del 43% de la producción total de soja se utilizó para producir margarina, comparado con el 33% usado en 1953 (Smith y Hull, 1959), lo que satisfizo, sin duda, a los agricultores extensivos y distribuidores de soja.

La demanda de grasas y aceites vegetales por parte de la industria productora de margarina se convirtió en la segunda mayor del país. En 1957, el consumo industrial de grasas y aceites era unos 453 millones de kilos superior a 1953, cuando se consumieron unos 3356 millones de kilos (Smith y Hull, 1959). A su vez, el consumo anual per cápita de margarina subió de aproximadamente algo más de 2 kilos en 1947 a 3,5 kilos en 1957, mientras que el consumo de mantequilla cayó de 5 kilos per cápita a 4 kilos para el mismo periodo. En 1957, el consumo de margarina superó al de mantequilla por primera vez (Smith y Hull, 1959). Algo se movía en la industria alimentaria, y algo cambiaba en la manera en que los estadounidenses comían y distribuían las grasas en sus dietas.

3.2. El abandono de la búsqueda de evidencias en la hipótesis del colesterol y la adopción de ésta y de la margarina como saludable

3.2.1. “Para salvar el corazón, ¿dieta por decreto?”²⁴

De 1957 a 1959 se lleva a cabo el *Diet and Coronary Heart Disease Study Project* (Proyecto de Estudio sobre Dieta y Enfermedades Cardiovasculares), que analizó a 600 varones de entre 20 y 59 años.²⁵ Se consideró que el 60% eran muy susceptibles de padecer una ECV, ya que tenían entre 50 o 59 años. Otro 20% pertenecía al grupo de edad de entre 40 y 49 años y el otro 20% tenía entre 20 y 39 años. Los resultados de estos dos últimos grupos, los más jóvenes, se compararon con el grupo de 50 a 59 años (Jolliffe et al, 1959). El estudio pretendía confirmar la relación entre dieta y ECV. Para ello, se sometió a los participantes a un estudio experimental controlando la composición de su dieta en términos de grupos alimentarios y consumo de grasas, diferenciando las grasas saturadas, monoinsaturadas y poliinsaturadas. El tipo de

24. “To save the heart. Diet by decree?”, título de un artículo publicado en la revista *Time*, 10 de enero de 1969.

25. El trabajo es conocido en la literatura como el Proyecto de Estudio del *Anti-Coronary Club*.

dieta se asignaba dependiendo del peso del individuo. La denominada “dieta prudente” (Jolliffe et al, 1959, 1961) se asignó a los individuos considerados con un “peso normal”. Parte de esta dieta consistía en no comer margarina ni mantequilla, sino margarina poliinsaturada hecha a base de aceite de maíz que, según se lee en el citado artículo, “nos proporcionaba amablemente Pitman-Moore Co. Indianapolis, Ind., margarina *Emdee*” (Jolliffe et al, 1959: 454). Después de seis meses consumiendo esta “dieta prudente”, la media de colesterol bajó en los 79 hombres de este grupo: “La bajada de colesterol sérico en el grupo total y en los casos individuales es estadísticamente significativa” (Jolliffe et al, 1959: 457). Se demostraba así que el nivel de colesterol sérico puede reducirse considerablemente a través de una dieta que contenga entre un 9% y un 11% de calorías provenientes de grasas poliinsaturadas, y un 7% u 8% de grasas saturadas. No hicieron un seguimiento de la incidencia de ECV en los hombres porque, según este estudio, la relación entre la dieta y la ECV estaba ya suficientemente probada, de modo que se consideraba que un trabajo sobre la relación entre la dieta y el colesterol podía traducir directamente sus conclusiones a los efectos de la dieta sobre la ECV.

La margarina Emdee vuelve a ser utilizada en otro estudio que pretende demostrar la correlación entre una dieta baja en grasas saturadas y alta en poliinsaturadas y la disminución del colesterol (sin intentar, no obstante, correlacionar este hecho con la reducción del riesgo de ECV) (Swell et al, 1962). Este nuevo estudio, titulado *Family Diet Pattern for Lowering the Serum Cholesterol Level* (Patrón de Dieta Familiar para Rebajar el Nivel de Colesterol Sérico) pretendía verificar la eficacia de la sustitución de grasas en las dietas cotidianas, en un enfoque práctico en situaciones de vida normal, frente al enfoque experimental del estudio del *Anti-Coronary Club*, en el que se suministraban, junto a la “dieta prudente”, cantidades adicionales de aceite de maíz antes de las comidas. Además, no excluían la carne, la margarina y la mantequilla durante los seis primeros meses, como se hizo en el estudio del *Anti-Coronary Club*. En este estudio se demostró que, al sustituir las grasas que se consumen habitualmente por grasas poliinsaturadas, el colesterol bajó significativamente en los participantes.²⁶ Sin embargo, sus autores reconocen que si bien es cierto que una dieta rica en grasas poliinsaturadas reduce el colesterol, el impacto de esta reducción en la prevención de una enfermedad coronaria “todavía ha de ser probado” (Swell et al, 1962: 106).

Jolliffe, responsable del estudio del *Anti-Coronary Club* y fallecido poco antes de que saliera publicado su artículo de 1961, recomendaba a la FDA (*Food and Drug Administration*, Administración para los Alimentos y Fármacos) que, en el interés de los consumidores, se implementara el uso de etiquetas en las margarinas para diferenciar claramente la composición de las grasas y permitir que se pusiera “rico en ácido linoleico” en las etiquetas.²⁷ Además, proponía una lista de las margarinas que podían cumplir con las especificaciones (buenas para bajar el colesterol). Entre ellas

26. En este estudio se eligió utilizar una vez más Emdee por la alta proporción de esta margarina en ácido linoleico (45.7%) ya que las otras margarinas tenían un contenido menor o estaba ausente.

27. La FDA es la administración que regula los fármacos y la seguridad alimentaria en EE.UU.

se encontraban *Emdee*, que se podía comprar en las farmacias, “a un precio recomendado de un dólar por libra” y la margarina Mazola, disponible en tiendas de comestibles (Jolliffe et al, 1961: 1416).

La resignificación de la margarina vegetal *Emdee* como “alimento saludable” destinada a la reducción y control del colesterol hizo que ésta fuera movilizada por la investigación clínica como una prueba adicional en la aceptación de la hipótesis de colesterol. Tener un buen remedio (es decir, una práctica efectiva: las grasas poliinsaturadas e insaturadas reducen, de facto, el colesterol) pudo haber proporcionado legitimación para una relación hasta entonces incierta entre colesterol y enfermedad coronaria. El éxito de la margarina y la aceptación de la hipótesis de colesterol deben entenderse como el resultado mutuo de una coproducción modelada a través de las acciones de las autoridades nutricionales, la investigación médica, la industria alimentaria, los hábitos de alimentación, las recomendaciones en la práctica clínica y los medios de comunicación. En este proceso, el recién conseguido estatuto de alimento sano y nutritivo benefició de forma obvia a la propia margarina, que pasó a ser más consumida que la mantequilla. La margarina poliinsaturada a base de aceites de origen vegetal sufre un proceso de resignificación, pasando de ser la alternativa para quienes no pueden disfrutar del pan con mantequilla a desbancar a esta última y erigirse como una alternativa saludable e inteligente para aquellos que desean cuidar su salud frente a los indulgentes que sucumben al placer de la mantequilla. Además, la disponibilidad de un buen remedio para disminuir el colesterol tuvo el efecto de invisibilizar las dudas razonables que no habían sido resueltas acerca de la relación entre el colesterol y la ECV. La hipótesis del colesterol fue así estabilizándose en las prácticas cotidianas y científicas.

74

Bien es verdad que este proceso es extremadamente complejo. Y es precisamente ahora cuando la FDA empieza a plantear problemas a los productores sobre la pertinencia de alegar recomendaciones de salud en el empaquetado y promoción de los alimentos. La nueva información sobre las margarinas y los aceites vegetales creó un entorno único en la época, que luego se extendería hasta nuestros días: la aparición de alegaciones de salud en el marketing de los productos alimentarios. Cuando empieza circular la relación entre grasas saturadas y un mayor riesgo de padecer ECV por un lado y grasas poliinsaturadas vegetales como la contrapartida saludable por otro, es cuando se empieza a anunciar de forma directa los beneficios de salud de estos productos. La particularidad de este nuevo tipo de marketing es que, por un lado, iba dirigido a profesionales (que recomendarían su uso), y por otro a los consumidores directos (Pappalardo y Jones, 2000). La explosión de recomendaciones de salud y nutricionales en productos como *Aceite Vegetal Mazzola*, *Emdee*, o *Margarina Wesson* y *Mrs. Filbert's* dio lugar a la primera regulación sustancial sobre el marketing basado en recomendaciones nutricionales y de salud, por parte de la FDA, a comienzos de 1959 (Ibíd.). La historia de los orígenes de la regulación de las alegaciones de salud en el etiquetado y comercialización de alimentos es un capítulo aparte al que no haremos referencia, pero es importante reseñarlo porque añade una dimensión esencial para dar cuenta del proceso de estabilización de la hipótesis del colesterol.

En 1969 se anunciaba en un medio de comunicación que “los investigadores médicos que estudian las enfermedades del corazón están llegando a regañadientes a una conclusión revolucionaria” (*Time*, 1969. Énfasis del autor). ¿Por qué llegan a regañadientes? Parece que demostrar la evidencia que sostenga que el colesterol alto provoca ECV ya no es necesario. Al tener el remedio para bajar el colesterol, a regañadientes, aceptan una hipótesis controvertida. “Muchos médicos, más conservadores, observarán con horror tal sugerencia. Pero cada vez más y más investigadores están empezando a desesperarse al no encontrar otra manera de combatir los estragos de la enfermedad cardíaca que, en gran medida, creen que se debe al consumo excesivo de alimentos que son demasiado ricos en grasas animales y azúcares. Por supuesto, ningún investigador responsable cree que la dieta es la única causa de la aterosclerosis (...). Sin embargo, la dieta parece ser el factor más susceptible de corregir” (Ibíd.).

Es necesario insistir en la complejidad de los contextos de aplicación de la hipótesis de colesterol. Efectivamente, la alimentación y los cambios en la misma era el factor más susceptible de ser corregido con éxito. Como hemos visto, existían evidencias acerca del impacto de diferentes tipos de grasas sobre los niveles de colesterol. Pero la industria farmacéutica también tiene algo que decir. El 6 de junio de 1960, se anunciaba que los médicos no podían esperar a obtener “respuestas finales” y necesitaban actuar ante la incidencia de ECV, y no sólo a través de la dieta. La empresa Merrell (William S. Merrell Co.) declaraba que empezaría a distribuir triparanol, una hormona sintética recientemente aprobada por la FDA para su venta con prescripción médica. Bajo la marca comercial MER/29, se comercializaba el primer fármaco para reducir el colesterol (*Time*, 1961; Greene, 2007). “¿Medicamentos?” Se preguntaba un escéptico Keys en otro artículo poco después del lanzamiento de triparanol (*Time*, 1961). El triparanol, según Keys, “interfiere en la formación de colesterol en el hígado y le fuerza a producir una sospechosa sustancia llamada desmosterol que puede tener efectos dañinos en las arterias”. Para Keys, el único medio efectivo de controlar el colesterol era reducir el aporte calórico medio procedente de las grasas en más de un tercio (*Time*, 1961). Lo cierto fue que el triparanol acabó retirándose apenas un año después, en medio de un enorme escándalo, debido a los fortísimos efectos secundarios que provocaba. Ante el alud de denuncias, la compañía tuvo que compensar con indemnizaciones millonarias a la multitud de pacientes afectados (Greene, 2007).

75

Sin embargo, como hemos visto, antes de que los medicamentos empezaran a hacerse visibles (y mucho antes del éxito de las estatinas en los años 90), las recomendaciones para consumir margarina poliinsaturada se habían filtrado ya en la práctica médica, las recomendaciones nutricionales, las nuevas formas de “practicar la alimentación” (*Time*, 1954, 1957, 1957b), y los medios de comunicación. De alguna manera, sirvieron para silenciar la incertidumbre ante la pregunta: la disminución del colesterol, ¿previene realmente la aparición de la enfermedad coronaria?

Jeremy Greene (2007) sugiere un camino distinto, pero complementario, en la aceptación de la hipótesis del colesterol. El capítulo sobre el colesterol en su libro *Prescribing by Numbers* se centra en los intentos de la industria farmacéutica en

conseguir un fármaco eficaz en la reducción del colesterol. A través de esta perspectiva, Greene investiga una nueva manera de comprender el auge de trastornos tan paradigmáticos de nuestro tiempo como la hipertensión o el colesterol alto, a la luz de la consideración de los laboratorios farmacéuticos como actores principales en la conceptualización de estas enfermedades. Greene afirma que, a inicios de década de 1960, “la ausencia de evidencia concluyente acerca de que la disminución del colesterol produjera beneficios en la salud que justificaran los peligros potenciales que supondría la aplicación de terapias a base de fármacos, hizo que se rotara el centro de atención hacia la intervención a base de cambios en la dieta y nutrición, intervenciones mucho menos peligrosas, en aquellos que seguían viendo el colesterol como el factor clave en la reducción del riesgo de ECV” (Greene, 2007: 165). Para Greene, el éxito del consumo de margarinas (y la introducción y desarrollo de nuevos aceites vegetales como el aceite de maíz Mazzola) capaces de reducir el colesterol representa un intento de dar una solución efectiva para bajar el colesterol debido al fracaso de los intentos a base de fármacos. Es decir, el consumo de margarina es un efecto del fracaso de los fármacos. Es cierto que el fracaso y peligrosidad de los fármacos siguieron desestabilizando la teoría del colesterol. La plausibilidad de este giro es clara ya que intervenir en la dieta tenía efectos positivos (disminuía los niveles de colesterol). Sin embargo, en este cuadro tan complejo de actores, la narrativa de Greene carece de pruebas que indiquen que el giro a la dieta fuera deliberadamente orquestado debido al fracaso farmacológico. Esto, de alguna forma, hace que el argumento de Greene pierda matices, provocando que su explicación caiga en una suerte de causalidad lineal que se contradice, precisamente, con sus intentos de criticar la simpleza de la causalidad inherente de la hipótesis del colesterol. Así, a lo largo de este texto, se ha intentado dar una versión complementaria y más rica de la aceptación de la hipótesis del colesterol. Una narración más compleja en la que resulta más preciso considerar cómo la primera margarina poliinsaturada Emdee y la hipótesis del colesterol forman parte de un proceso en el que ambas se benefician y se producen mutuamente.

76

Conclusiones

El objetivo de este texto ha sido el de ofrecer una imagen de la aceptación de la hipótesis del colesterol a través de la exploración de las prácticas llevadas a cabo por actores relevantes en el contexto de su surgimiento, estabilización y aplicación. Como se ha repetido anteriormente, para esta hipótesis el colesterol alto es un marcador en el riesgo de padecer alguna enfermedad cardiovascular. En este trabajo se ha defendido que la clave para que esta hipótesis se aceptara y extendiera pese a no contar con pruebas concluyentes fue el hecho de que el colesterol, de facto, puede ser elevado o reducido a través de cambios en la manera que comemos. Es decir, al profundizar en la compleja relación entre recomendaciones nutricionales, hipótesis del colesterol y hábitos de alimentación, se ha podido ofrecer una narrativa mucho más precisa y compleja que aquellas que sólo se basan en factores de carácter clínico (Ward, 2009; Ortega et al, 2006; Plaza Pérez et al, 2000; Grundy et al, 2004) o en las que la industria farmacéutica es el único actor capaz de provocar cambios (Greene, 2007).

Ante la gran incertidumbre que rodeaba una parte fundamental de la elaboración lógica de la teoría del colesterol (aquella que mantiene que efectivamente al bajar el colesterol se reduce el riesgo de padecer una ECV), una gran certidumbre eclipsó todo lo demás: la certeza de que la modificación de la dieta podía disminuir con éxito los valores de colesterol en sangre. Esta importancia que se empieza a otorgar a la nutrición y la dieta viene arropada por una tradición que empieza a adquirir cada vez más notoriedad: las recomendaciones nutricionales y dietéticas para la alimentación diaria, ligadas a la adopción de estilos de vida “saludables”.

Así, pues, las recomendaciones nutricionales que empezaron a publicarse en 1916 allanaron el terreno para una teoría que ponía gran énfasis en una manera concreta de comer para evitar la enfermedad. Esta manera de acercarnos a la comida, o más concretamente a ciertos alimentos, no es ni mucho menos autoevidente, sino que responde a procesos complejos de coproducción de prácticas (qué grasas son apropiadas o no, cómo cocinarlas, cuándo y cómo comerlas), materiales (grasas, margarinas, libros de cocina, revistas) e ideas (por qué son malas o buenas aquellas grasas, cómo afectan a nuestra salud). A través de las recomendaciones nutricionales se comienza a cuantificar y a medir los componentes de los alimentos como entidades separadas, en una suerte de fragmentación de la comida, reforzando la convicción en la centralidad de determinados componentes nutricionales aislados para una buena salud.

En este contexto, la margarina poliinsaturada (una especie muy concreta de grasa, que adquiere ese significado tan positivo a partir de ciertas prácticas, como son las investigaciones científicas sobre el colesterol) y la hipótesis del colesterol se han mostrado como enredadas en un proceso de coproducción en el cual la margarina adquiere un nuevo estatuto de saludable gracias a su eficacia en la reducción del colesterol, y la hipótesis del colesterol alcanza mayor plausibilidad ya que cuenta con un efectivo agente para su control que, además, es alimentario. Como consecuencia, la relación entre dieta y salud se refuerza. La margarina e hipótesis del colesterol adquieren legitimidad en una suerte de estabilización simultánea.

77

Bibliografía

BALL, R. A. y LILLY, J. R. (1982): “The Menace of Margarine: The Rise and Fall of a Social Problem”, *Social Problems*, vol. 29, nº 5, pp. 488-98.

BECH-LARSEN, T. y GRUNERT, K. G. (2003): “The perceived healthiness of functional foods. A conjoint study of Danish, Finnish and American consumers’ perception of functional foods”, *Appetite*, vol. 40, pp. 9-14.

BECH-LARSEN, T. y SCHOLDERER, J. (2007): “Functional Foods in Europe: consumer, research, market experiences and regulatory aspects”, *Trends in Food Science and Technology*, vol. 18, pp. 231-34.

CALLON, M. (1987): "Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis", en *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, ed. W.E. Bijker, T.P. Hughes, y T.J. Pinch, Cambridge, MIT Press, pp. 83-103.

CHEN, N. N. (2009): *Food, Medicine, and the Quest for Good Health*, New York, Columbia University Press.

CLARK, P. (1983): "The Marketing of Margarine", comunicación presentada en el Seminario: *Marketing and Advertising in the Twentieth Century*, el 6 de mayo de 1983 en la Polytechnic of Central London, Londres, Reino Unido.

CLARKE, A. E., SHIM, J. K., MAMO, L., FOSKET, J. R. y FISHMAN, J. R. (2003): "Biomedicalization: Technoscientific Transformations of Health, Illness, and U.S. Biomedicine", *American Sociological Review*, vol. 68, nº 2, pp.161-94.

COLLINS, H. y PINCH, T. (1982): *Frames of Meaning: the social construction of extraordinary science*, Londres, Routledge.

CONSTANCE, C. (2009): "The good and the bad: what researchers have learned about dietary cholesterol, lipid management and cardiovascular disease risk since the Harvard Egg Study", *International Journal of Clinical Practice*, vol. 63, nº 163, pp. 9-14.

78 COONS, C. M. (1959): "Fats and Fatty Acids", *Yearbook of Agriculture 1959*, Agricultural Research Service, National Agricultural Library.

DUPRAO, R. (1999): "'If It's Yellow, It Must be Butter': Margarine Regulation in North America Since 1886", *The Journal of Economic History*, vol. 59, nº 2, pp. 353-71.

EPSTEIN, Steven (2007): *Inclusion. The politics of difference in medical research*, Chicago, The University of Chicago Press.

EUFIC (2011), en www.eufic.org/, consultado el 1º de febrero de 2011.

FINKING, G. y HANKE, H. (1997): "Nikolaj Nikolajewitsch Anitschkow (1885-1964) established the cholesterol-fed rabbit as a model for atherosclerosis research", *Atherosclerosis*, vol.135, nº 1, pp. 1-7.

Fundación Española del Corazón, (2011): en www.fundaciondelcorazon.com, constulado el 1º de febrero de 2011.

GARRETY, K. (1997): "Social Worlds, Actor-Networks and Controversy: The Case of Cholesterol, Dietary Fat and Heart Disease", *Social Studies of Science*, vol. 27, nº 5, pp. 727-73.

GARRETY, K. (2006): "Dietary Policy, controversy and Proof: Doing something versus waiting for the definitive evidence", *Faculty of Commerce Papers*, ro.uow.edu/commpapers/452, consultado el 1º de Julio de 2010.

- GONZÁLEZ GARCÍA, M. e IBÁÑEZ MARTÍN, R. (2008): “Conocer, creer y comprar: el papel del conocimiento científico en las actitudes hacia los alimentos funcionales y el medio ambiente”, en J. A. López Cerezo y F. J. Gómez González (eds.): *Apropiación Social de la Ciencia*, Madrid, Biblioteca Nueva, pp. 115-133
- GREENE, Jeremy (2007): *Prescribing by Numbers. Drugs and the definition of disease*, Baltimore, John Hopkins University Press.
- GREENHALGH, T. y WESSELY, S. (2004): “Health for me: a sociocultural analysis of healthism in the middle classes”, *British Medical Bulletin*, vol. 69, pp.197-213.
- GRUNDY, S. M., CLEEMAN, J. I., MERZ, N. B., BREWERR Jr, H. B., CLARK L. T., HUNNINGHAKE, D. B., PASTERNAK, R. C., SMITH Jr, S. C., STONE, N. J. (2004): “Implications of Recent Clinical Trials for the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III Guidelines”, *Circulatio*, vol. 110, pp. 227-239.
- GUSTON, D. H. (2001): “Boundary Organizations in Environmental Policy and Science: An Introduction”, *Science, Technology and Human Values*, vol. 26, nº 4, pp. 399-408.
- HEASMAN, M. y MELLENTIN, J. (2001): *The functional foods revolution: healthy people, healthy profits?*, Londres, Earthscan Publications.
- HEINECKE, J. (2011): “HDL and cardiovascular disease risk - Time for a new approach?”, *New England Journal of Medecine*, vol. 364, pp. 170-171.
- HELFAND, M., BUCKLEY, D. I., FREEMAN, M., FU, R., ROGERS, K., FLEMING, C., HUMPHREY, L.L. (2009): “Emerging Risk Factors for Coronary Heart Disease: A Summary of Systematic Reviews Conducted for the U.S. Preventive Services Task Force”, *Annals of Internal Medicine*, vol. 151, pp. 496-507.
- HOOPER, L., SUMERBELL, C. D., HIGGINS, J. P. T., THOMPSON, R. L., CAPPS, N. E., SMITH, G. D., RIEMERSMA, R. A., EBRAHIM, S. (2001): “Dietary fat intake and prevention of cardiovascular disease: systematic review”, *BMJ*, vol. 322, pp. 757-63.
- HU, F. B., STAMPFER, M. J., RIMM, E. B., MANSON, J. E., ASCHERIO, A., COLDITZ, G. A., ROSNER, B. A., SPIEGELMAN, D., SPEIZER, F. E., SACKS, F. M., HENNEKENS, C. H. y WILLETT, W. C. (1999): “A Prospective Study of Egg Consumption and Risk of Cardiovascular Disease in Men and Women”, *JAMA*, vol. 281, nº 15, pp. 1387-1394.
- HUNT, C. L. (1916): “Food For Young Children”, *Farmer’s Bulletin*, vol. 717 (21), Washington, U.S. Department of Agriculture.
- HUNT, C. L. y ATWATER, H. W. (1916): “How to select foods”, *Farmer’s Bulletin*, 808 (14), Washington, U.S. Department of Agriculture.

IBÁÑEZ MARTÍN, R. y GONZÁLEZ GARCÍA, M. (2010): “Una alimentación de cuidado: la biomedicalización y la persistencia de la performatividad de género en la comercialización de los alimentos funcionales”, *Cuadernos KÓRE*, vol. 1 n° 3, Invierno.

IBÁÑEZ MARTÍN, R. y SANTORO, P. (2011): *Elecciones inciertas en tiempos inciertos: el ‘paciente informado’ en el almacenamiento de células troncales de cordón umbilical y los alimentos funcionales*, aceptado para su publicación.

JASANOFF, Sheila (1996): “Beyond Epistemology: Relativism and Engagement in the Politics of Science”, *Social Studies of Science*, vol. 26, pp. 393-418.

JASANOFF, Sheila (2004): “The Idiom of co-production”, en S. Jasanoff (ed.): *States of Knowledge. The co-production of science and social order*, Londres, Routledge.

JASANOFF, Sheila (2005): *Designs on Nature: Science and Democracy in Europe and the United States*, Oxford, Princeton University Press.

JOLLIFFE, N., SEYMOUR H. R. y MOROTN, A. (1959): “The Anti-Coronary Club; Including a Discussion of the Effects of a Prudent Diet on the Serum Cholesterol Level of Middle-Aged Men”, *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 7, pp. 451-461.

JOLLIFFE, N., ETHEL M., RUDENSEY, F., SIMON, M. y FAULKNER, A. (1961): “Dietary Control of Serum Cholesterol in Clinical Practice”, *Circulation*, vol. 24, pp. 1415-1421.

JONES, P. J. H. (2009): “Dietary cholesterol and the risk of cardiovascular disease in patients: a review of the Harvard Egg Study and other data”, *International Journal of Clinical Practice*, vol. 63, n° 163, pp. 1-8.

KEYS, A. (1953): “Prediction and possible prevention of coronary disease”, *American Journal of Public Health*, vol. 43, pp. 1399-1407.

KEYS, A., MIENOTTI, A., KARVONEN, M. J., ARAVANIS, C., BLACKBURN, H., BUZINA, R., DJORDJEVIC, B. S., DONTAS, A. S., FIDANZA, F., KEYS, M. H., KROMHOUT, D., NEDELJKOVIC, S., PUNSAR, S., SECCARECCIA, F. y TOSHIMA, H. (1986): “The Diet and 15-Year death rate in the Seven Countries Study”, *American Journal of Epidemiology*, vol. 124, n° 6, pp. 903-915.

LATOUR, B. (1987): *Science in Action*, Cambridge, Harvard University Press.

LATOUR, B. (1993): *Nunca fuimos modernos. Ensayo de antropología simétrica*, traducción de Victor Goldstein, Buenos Aires, Siglo XXI.

MACKENZIE, D. (1990): *Inventing Accuracy: a Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance*. Cambridge, MIT Press.

MENTE, A., KONING, L., SHANNON, H. S. y ANNAND, S. S. (2009): *A Systematic Review of the Evidence Supporting a Causal Link Between Dietary Factors and Coronary Heart Disease*, *Archives of Internal Medicine*, vol. 169, nº 7, pp. 659-669.

MILLER, G. P. (1989): "Public Choice at the Dawn of the Special Interest State: The Story of Butter and Margarine", *California Law Review*, vol. 77, pp. 83-113.

MILLER, C. (2001): "Hybrid Management: Boundary Organizations, Science Policy and Environmental Governance in the Climate Regime", *Science, Technology and Human Values*, vol. 26, nº 4, pp. 478-500.

MOL, A. (2008): *The logic of care. Health and the problem of patient choice*, Londres, Routledge.

NESTLE, M. y PORTER, D. V. (1990): "Evolution of Federal Dietary Guidance Policy: From food adequacy to Chronic Disease Prevention", *CADUCEUS, A Humanities Journal for Medicine and the Health Sciences*, vol. 2, pp. 43-67.

NESTLE, M. (1993): "Dietary advice for the 1990s: The political history of the Food Guide Pyramid", *CADUCEUS, A Humanities Journal for Medicine and the Health Sciences*, vol. 9, nº 3, pp. 136-153.

NESTLE, M. (2002): *Food politics. How the food industry influences nutrition and health*, Berkeley, University of California Press.

81

NIVA, M. (2007): "All foods affect health: Understandings of functional foods and healthy eating among health-oriented Finns", *Appetite*, vol. 48, nº 3, pp. 384-93.

OGDEN, J. (1998): *Health Psychology*, a Textbook, Trowbridge, Open University Press.

ORDOVAS, J. M. (2005): "Diet-heart hypothesis: will diversity bring reconciliation?", *American Journal of Clinic Nutrition*, vol. 82, nº 5, pp. 919-20.

ORTEGA, R. M., PALENCIA, A. y LÓPEZ SOBALER, A. M. (2006): "Improvement of cholesterol levels and reduction of cardiovascular risk via the consumption of phytosterols", *British Journal of Nutrition*, vol. 96, Supplement S1, pp. S89-S93.

PAPPALARDO, J. K. y JONES, D. (2000): "Regulating commercial speech in a dynamic environment: Forty years of margarine and oil advertising before the NLEA", *Journal of Public Policy and Marketing*, vol. 19, nº 1, pp. 74-90.

PAVONE, V. (2007): "Biotecnologías y cambio social: ¿derecho a la salud o derecho a estar sanos?", Documentos de Trabajo, Madrid, CSIC, Unidad de Políticas Comparadas.

PLAZA PÉREZ, I., VILLAR ÁLVAREZ, F., MATA LÓPEZ, P., PÉREZ JIMÉNEZ, F., MAIQUEZ GALÁN, A., CASASNOVAS LENGUAS, J. A., BANEGAS BANEGAS, J. R.,

ABADAL, T., RODRÍGUEZ ARTALEJO, F. y GIL LÓPEZ, E. (2000): "Control de la colesterolemia en España, 2000. Un instrumento para la prevención cardiovascular", *Revista Española de Cardiología*, vol. 53, pp. 815-837.

RAVNSKOV, U. (1998): "The Questionable Role of Saturated and Polyunsaturated Fatty Acids in Cardiovascular Disease - Diet and reinfarction trial (DART)", *Journal of Clinical Epidemiology*, vol. 51, nº 6, pp. 443-60.

RAVNSKOV, U. (2001): "Fat myths and cardiovascular disease", *BMJ*, vol. 322, pp. 757-763.

RAVNSKOV, U. y MCCULLY, K. S. (2009): "Vulnerable Plaque Formation from Obstruction of Vasa Vasorum by Homocysteinylated and Oxidized Lipoprotein Aggregates Complexed with Microbial Remnants and LDL Autoantibodies", *Annals of Clinical & Laboratory Science*, vol. 39, nº 1, pp. 3-16.

SCIENCE NEWS-LETTER (1958): "In Science Fields", *The Science News-Letter*, vol. 74, nº 7, pp. 104-05.

SCRINIS, G. (2002): "Sorry, Marge", *Meanjin*, vol. 61, nº 4, pp. 108-116.

SCRINIS, G. (2008a): "On the Ideology of Nutritionism", *Gastronomica*, vol. 8, nº 1, pp. 39-49.

82

SCRINIS, G. (2008b): "Functional foods or functionally marketed foods? A critique of, and alternatives to, the category of 'functional foods'", *Public Health Nutrition*, vol. 11, nº 5, pp. 541-545.

SIRO, I., KAPOLNA, E., KAPORLNA, B. y LUGASI, A. (2008): "Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance - A review", *Appetite*, vol. 51, nº 3, pp. 456-67.

SMITH, L. y HULL, D. (1959): "Trends in fats and oils consumption, 1953-1957", *Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 36, nº 1, pp. a8-a13.

SWELL, L. SCHOOLS, P. E., y TREADWELL, C.R. (1962): "Family Diet Pattern for Lowering the Serum Cholesterol Level", *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 11, pp. 102-108.

TIME MAGAZINE (1954): "From the Heart", 19 de abril de 1954.

TIME MAGAZINE (1957): "Fats and the Arteries", 26 de agosto de 1957.

TIME MAGAZINE (1957b): "Fats and Facts", 30 de marzo de 1957.

TIME MAGAZINE (1957c): "Oil for Troubled Arteries", 1º de julio de 1957.

TIME MAGAZINE (1960): "Cutting the Cholesterol", 6 de junio de 1960.

TIME MAGAZINE (1961): "The Fat of the Land", 13 de enero de 1961.

TIME MAGAZINE (1969): "To save the heart. Diet by Decree?", 10 de enero de 1969.

USDA (1946): "National Food Guide", AIS-53, USDA, National Agricultural Library.

USDA (1956): "Essentials of an Adequate Diet". Agriculture Information Bulletin, 160, *Agricultural Research Service*. National Agricultural Library.

VOLK, M. (2007): "An examination of the evidence supporting the association of dietary cholesterol and saturated fats with serum cholesterol and development of coronary heart disease", *Alternative Medicine Review*, vol. 13, nº 3, pp. 228-245.

WARD, R. (2009): "Talking with your patients about dietary cholesterol, diet and nutrition: best practices for family physicians", *International Journal of Clinical Practice*, vol. 63, pp. 163, 22-26.

WILLIAMS, S. J. (1998): "Health as Moral Performance: Ritual, Transgression and Taboo", *Health*, vol. 2, nº 2, pp. 437-57.

DOSSIER *C/S*

PRESENTACIÓN

Nanobioteología y sociedad

Este dossier presenta un conjunto de análisis, impresiones y perspectivas en relación a los modos en los que el desarrollo de las innovaciones nanobioteológicas (y en general de la convergencia nano-bio) puede cambiar las vidas de las personas en un futuro próximo. Las nanotecnologías y biotecnologías convergen, literalmente, en la escala a la que operan, la de los átomos y moléculas. Un mayor conocimiento y control de la materia a esa escala, así como de las interacciones y composiciones de lo vivo y lo inerte, lo natural y lo artificial, lo humano y lo no humano, trae como consecuencia un enorme potencial transformador de la realidad. Los beneficios individuales y sociales previstos son elevados, tanto en términos económicos como de salud y bienestar de los ciudadanos. Paralelamente, se suscitan unos riesgos y problemas éticos, políticos y sociales -muchos de ellos de hondo calado- que es necesario abordar desde el comienzo.

87

Los textos que componen el dossier muestran una realidad multidimensional e interdisciplinar, tanto en lo que concierne a las perspectivas como a los temas tratados. No obstante, han sido estructurados de manera que el resultado constituya una panorámica coherente del análisis y evaluación social de las nanobioteologías. Esta visión panorámica se adelanta en el trabajo introductorio (“Dimensiones de la investigación social sobre la nanobioteología”), por José Manuel de Cózar Escalante. En él se efectúa un rápido recorrido por los distintos temas nanobioteológicos que se sitúan en el dominio de la investigación social. Tras una descripción breve de la nanobioteología y de sus diversos campos, se revisan cuestiones tales como el análisis y gestión de los riesgos, la diseminación de resultados y la comprensión pública de los mismos, los procesos de transferencia de las nanobioteologías, los aspectos bioéticos y biopolíticos y la sostenibilidad.

A continuación, los artículos se estructuran en tres bloques. El primero recoge aspectos relativos al significado e impacto de las nuevas posibilidades terapéuticas, incidiendo en el plano bioético y biopolítico. Comienza con una descripción, llevada a cabo por un investigador del área (Rafael Castro), de las posibilidades de las terapias génicas y, más en particular, de la terapia génica cerebral, un asunto de gran actualidad. En el artículo se dedica un espacio a examinar los avances de las nanotecnologías en la mejora de las terapias que tratan las enfermedades neurológicas, concluyendo con unas consideraciones de carácter más general sobre

el necesario equilibrio entre necesidades humanas, investigación científica e innovación. Los dos textos que le siguen incluyen un completo conjunto de reflexiones de índole bioética y biopolítica sobre el significado de la vida en un proceso de transformación causado por las nuevas posibilidades tecnológicas. Las nuevas tecnologías presentan una serie de riesgos más o menos bien establecidos. Lo interesante del texto de Gabriel Bello Reguera es que nos invita a plantearnos otro tipo de riesgo, a saber, el riesgo moral producido por las nuevas prácticas biotecnológicas, el vernos en la tesitura de poder obrar mal en el desarrollo y uso de tales tecnologías. Lo hace abordando el debate entre la biología precientífica y la biología científica, para concluir que el enfoque performativo de la identidad humana puede resolver las dificultades suscitadas por ambos tipos de enfoques de la vida humana y de la naturaleza. Vincenzo Pavone, por su parte, incide en los aspectos biopolíticos de las nuevas tecnologías a partir del concepto de bioeconomía. Su trabajo dibuja un mapa del imaginario y de los objetivos de la bioeconomía, vislumbrando un importante número de implicaciones políticas y sociales en la transición hacia ese sistema económico.

El segundo bloque del dossier trata cuestiones de difusión, comunicación y comprensión públicas de las nuevas tecnologías nano y bio. Clara Barroso aborda tales cuestiones señalando la importancia de los componentes y los procesos de actualización del conocimiento. Éstos deben operar en contextos sociales amplios como instrumento para el logro de una ciudadanía cualificada para evaluar la deseabilidad social de tecnologías que se están incorporando a la vida cotidiana, como es el caso de la nanotecnología. Javier Gómez Ferri nos proporciona una panorámica de las investigaciones realizadas sobre comprensión pública de la nanotecnología, tema sobre el que hasta ahora no se ha realizado ninguna investigación específica en España. Se trata de un conocimiento importante porque constituye una referencia para cualquier política de comunicación y divulgación sobre lo nano. Para cerrar este segundo bloque, José Manuel Cabo Hernández, Carmen Enrique Mirón y Marianela Morales Calatayud presentan y analizan los resultados de una intervención didáctica en la Universidad de Cienfuegos (Cuba), evaluando el uso de la metodología de análisis de controversias socio-tecnológicas en cursos de postgrado. Los debates tuvieron lugar alrededor de la producción y consumo de alimentos transgénicos.

El tercer y último bloque afronta la evaluación de las nano(bio)tecnologías -y el asesoramiento de proyectos de investigación e innovación en dicho campo- desde planteamientos metodológicos novedosos, incluyendo el análisis del riesgo. Una vez más, consta de tres artículos, el primero de ellos escrito por Juan Sánchez García. Tiene por objeto la identificación de un espacio de opciones para la investigación en nanotecnológica a partir de las plataformas de preocupación generadas por los interrogantes científicos, técnicos, éticos y sociales suscitados. En concreto, el trabajo repasa la experiencia de un proyecto de nanociencia, nanotecnología y materiales avanzados (NANOMAC) desarrollado en las Islas Canarias. Este mismo proyecto sirve como ilustración a Andrés Núñez para ejemplificar las metodologías constructivas de evaluación y asesoramiento de tecnologías, metodologías que se aplican en tiempo real y atendiendo a distintos fines. Por un lado, mejoran la actividad

cooperativa y colaborativa en el desarrollo de la investigación y de las innovaciones; por otro, facilitan la reflexividad de los actores implicados, la comunicación y la transferencia de resultados. Por último, pero es algo crucial, pueden contribuir a una democratización de las nanobiotecnologías. La última contribución al dossier, de Anna García Hom, sirve como epílogo de lo recogido en los demás artículos, al centrarse en los aspectos de gobernanza o gobernabilidad de las nanotecnologías. Comienza distinguiendo entre riesgo y peligro nanotecnológico para pasar a señalar el entramado de construcción social, económica y política de los desarrollos nanotecnológicos. Por último propone un modelo de gestión de gobernanza anticipatoria para abordar un futuro incierto y complejo.

Buena parte de los resultados que se plasman en este dossier han sido producidos en el marco del proyecto Evalnanomed (*Evaluación del proceso de transferencia de nuevos materiales nanotecnológicos en equipos de diagnóstico y tratamiento médico*, C200801000076), financiado por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Esperamos que el conjunto de las contribuciones presentadas sean de interés para el lector, tanto para el que ya tiene familiaridad con los asuntos aquí tratados como para quien se acerca a ellos por vez primera. Las innovaciones nanobiotecnológicas ya están presentes en nuestro mundo y sus efectos se irán tornando cada vez más visibles. La importancia de un significativo conjunto de ellos para nuestras vidas no se hará esperar. De ahí el valor de las meditaciones en torno a la nanobiotecnología provenientes de la investigación social y humanística.

José Manuel de Cózar Escalante y Javier Gómez Ferri

Dimensiones de la investigación social sobre la nanobiotecnología *

Dimensions of social research on nanobiotechnology

José Manuel de Cózar Escalante **

Podemos concebir a la nanobiotecnología como el conjunto de las tecnologías que aplican herramientas, componentes y procesos provenientes de la nanotecnología a los sistemas biológicos. Si dicha aplicación centra en el ser humano constituye entonces el ámbito de la nanomedicina. Paralelamente, también supone el empleo de los sistemas biológicos como inspiración y, en sentido literal, como moldes o elementos para el desarrollo de nuevos productos de escala nanométrica -en especial nuevos materiales y nanobiosensores-. La convergencia de las biotecnologías con las nanotecnologías representa un proceso de gran significado científico, técnico y social, dada la capacidad transformadora de lo real de esa combinación nano-bio. Son de prever numerosas repercusiones sociales y ambientales, desde pequeñas mejoras incrementales en tecnologías ya asentadas (como filtros, sensores, materiales para prótesis, medicamentos, etc.) hasta innovaciones inimaginables a día de hoy. Todo ello justifica la relevancia de una investigación social de las nanobiotecnologías, tanto desde un punto de vista teórico como práctico. En este artículo se detallan las principales dimensiones de tal investigación, con una serie de cuestiones agrupadas bajo los siguientes rótulos: análisis y gestión de riesgos; diseminación y comprensión pública; transferencia tecnológica; bioética y biopolítica; y sostenibilidad.

Palabras clave: nanobiotecnología, investigación social, ética, política

91

Nanobiotechnology can be envisaged as a set of technologies that apply nanotechnological tools, components and processes to biological systems. These applications focus on human beings in the field of nanomedicine. In parallel, nanobiotechnology is also the use of biological systems as inspiration and, literally, as scaffolding or components for the development of new nanoscale products, including new materials and nanobiosensors. The convergence of biotechnology with nanotechnology represents a process of great scientific, technological and social significance, given the capacity of this nano-bio combination to transform reality. Numerous social and environmental impacts are anticipated, from small incremental improvements in already established technologies (such as filters, sensors, materials for prostheses, medicines, etc.) to innovations today unimaginable. All this justifies the relevance of social research on nanobiotechnologies, both from a theoretical and a practical perspective. This article describes the main dimensions of such research, with a number of issues grouped under the following labels: analysis and risk management, awareness and public understanding, technology transfer, bioethics and biopolitics, and sustainability.

Key words: nanobiotechnology, social research, ethics, politics

* La investigación que se recoge en este texto ha sido apoyada por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) mediante el proyecto *Evaluación del proceso de transferencia de nuevos materiales nanotecnológicos en equipos de diagnóstico y tratamiento médico*, Evalnanomed (C200801000076).

** Profesor de la Facultad de Filosofía de la Universidad de La Laguna, Tenerife, España. Correo electrónico: jcozar@ull.es.

Introducción: Qué es la nanobiotecnología

La nanobiotecnología (o, alternativamente, la bionanotecnología) constituye un amplio conjunto de innovaciones en la intersección de lo nanotecnológico y lo biotecnológico.¹ Un nanómetro es la unidad de medida correspondiente a la milmillonésima parte del metro o, lo que es lo mismo, la millonésima parte de un milímetro. La convergencia de tecnologías puede producirse debido ante todo a la escala en la que actúan dichas tecnologías: la escala nanoscópica, es decir, la de los átomos y las moléculas. Las entidades biológicas “microscópicas” tales como las partes de las células, los microorganismos, las cadenas de ADN (en su ancho), tienen tamaños que se encuentran habitualmente dentro de un rango de entre unos nanómetros y unos cientos de nanómetros.

Los sistemas biológicos están gobernados por procesos y estructuras nanoescalares que han sido “optimizadas” por la evolución a lo largo de millones de años. Cualquier entidad por debajo de la célula es por consiguiente objeto de estudio de la nanobiología. Pues bien, a esa escala, las interacciones controladas entre la materia viva y la inerte son factibles. Por ejemplo, un nanomaterial puede atravesar una barrera biológica y penetrar en una célula, incluidas las del cerebro. O alternativamente, y por poner otro ejemplo, un dispositivo puede incluir receptores biológicos (estar funcionalizado con anticuerpos, entre otras posibilidades) con el fin de ser empleado como sensor para detectar sustancias en el medio ambiente.

92

Cabe definir entonces la nanobiotecnología (o la bionanotecnología) como el diseño, construcción y manipulación de entidades en el rango de 1 a 100 nanómetros, empleando enfoques basados en la biología o para el beneficio de los sistemas biológicos (Shoseyov y Levy, 2008).

La diversidad de posibilidades que se ofrece para la interacción nano-bio desde el punto de vista tecnológico es inmensa. En primer lugar, tomemos la instrumentación científica, el uso de la nanotecnología para el estudio de lo biológico. Así, los investigadores y tecnólogos pueden analizar los objetos biológicos (como las proteínas) mediante microscopios de fuerza atómica y otro instrumental especializado comúnmente asociado a la investigación nanotecnológica. O pueden emplear supercomputadores y aparatos para la generación de imagen con el fin de obtener mejores representaciones, modelos y simulaciones de la estructura y funcionamiento de los seres vivos. Asimismo, es posible crear nanomateriales, nanoestructuras y nanodispositivos para comprender y controlar mejor las entidades biológicas: nanopartículas magnéticas para conducir las a determinadas partes de un organismo y señalar y tratar una zona dañada con precisión, nanocápsulas para transportar sustancias de valor médico dentro del cuerpo y matrices o soportes (scaffolds) que sirvan como “andamiaje” para reparar tejidos, entre otros muchos ejemplos.

1. Por ello, aunque se hable de “nanobiotecnología” en singular, se ha de tener siempre presente que estamos ante diversas nanobiotecnologías, cada una con sus especificidades, lo que puede implicar cosas muy distintas desde una óptica social.

Además del uso de la nanotecnología para estudiar y controlar los sistemas biológicos, cabe hacer el recorrido inverso: la nanotecnología puede aprender de la naturaleza para fabricar nuevos dispositivos, “imitándola” en sus estructuras y funcionalidades. Por ejemplo, ya que las células se consideran unidades de fabricación de sustancias muy eficientes, podemos intentar crear células artificiales, o “nanomotores” que imiten a los diminutos motores moleculares que se encuentran en la naturaleza. A esta imitación se la denomina con frecuencia “biomímesis”.

Sin asimilarse a la nanobiotecnología, pero próximo a ella, se encuentra el novedoso e inquietante terreno de la biología sintética: sus investigaciones tienen por finalidad la construcción de sistemas biológicos, tales como células y organismos vivos completos, mediante métodos artificiales. Es objeto de polémica constante tanto la naturaleza exacta de esos métodos (si son capaces realmente de crear vida artificial) como el alcance que pueden tener para la vida humana y para los sistemas vivos en general. Uno de sus mayores exponentes es el científico-empresario Craig Venter, célebre por sus contribuciones a la secuenciación del genoma humano - actividad durante la cual se produjeron fuertes roces con las investigaciones públicas- y por haber sintetizado la primera bacteria artificial en 2010.

La nanobiotecnología tiende a buscar aplicaciones interesantes mediante la hibridación o simbiosis entre lo orgánico y lo inerte. Los nanobiosensores son la mejor prueba de ello, al ser dispositivos que combinan elementos electrónicos con biológicos. Tienen múltiples aplicaciones para la salud, la seguridad o el medio ambiente al permitir la detección de moléculas en concentraciones extremadamente pequeñas. Se pueden emplear en el diagnóstico médico, el control de vertidos, las fugas de gas, etc. Otra posibilidad que nos interesa claramente a los seres humanos es la regeneración o reparación de tejidos y órganos dañados del cuerpo humano mediante materiales nanotecnológicos.

93

En resumen, si atendemos a sus campos principales de investigación, desarrollo e innovación, podemos concebir la nanobiotecnología como la aplicación de herramientas, componentes y procesos provenientes de la nanotecnología a los sistemas biológicos, lo que si se centra en el ser humano supone todo el ámbito de la nanomedicina; paralelamente, constituye también nanobiotecnología el empleo de los sistemas biológicos como inspiración y, en sentido literal, como moldes o como fuente de componentes para el desarrollo de nuevos productos de escala nanométrica -en especial los nanodispositivos electrónicos, como son los nanobiosensores (Lechuga, 2009).

Tabla 1. Definición y sectores de la nanobiotecnología, con ejemplos

CAMPOS DE LA NANOBIOLOGÍA/BIONANOTECNOLOGÍA	
Aplicación de las nanotecnologías al ámbito de lo biológico: instrumentos, materiales, nanodispositivos (nanotecnología como herramienta)	
<p>Análisis y control de los sistemas vivos: aplicaciones diversas en biología y medio ambiente</p> <p>Ejemplo: estudio de las biomoléculas y de los tejidos de los organismos con microscopios y otros dispositivos de imagen, empleo de MOF (materiales metal-orgánicos) para catálisis y depuración</p>	<p>Nanomedicina: aplicaciones relativas a la salud del ser humano. Prevención, diagnóstico, tratamiento y regeneración/repuración de tejidos y órganos</p> <p>Ejemplo: nanopartículas magnéticas para señalización y tratamiento de tumores, imagen médica in vivo, encapsulación de medicamentos</p>
Aplicación de la biología al ámbito de lo nanotecnológico: como inspiración y como componentes de nanoartefactos	
<p>Imitación de la naturaleza (biomímesis)</p> <p>Ejemplo: motores moleculares inspirados en biomotores, células artificiales para fabricación de sustancias</p>	<p>Empleo de elementos biológicos con fines prácticos para medio ambiente, prevención de riesgos y demás</p> <p>Ejemplo: nanobiosensores para la detección de contaminación ambiental y de sustancias peligrosas en entornos laborales y domésticos</p>

94

Fuente: elaboración propia

1. La investigación social de la convergencia nano-biotecnológica

Hemos mencionado que la razón más evidente de la convergencia bio-nano descansa en la escala en la que cabe operar a nivel tecnológico, esto es, la nanoescala, que permite una enorme variedad de interacciones interesantes y útiles entre lo orgánico y lo inerte. Ahora bien, si esta razón tiene que ver con la posibilidad real de intervenir tecnológicamente para explotar tales interacciones, es claro que la motivación última de prácticamente todo desarrollo tecnológico y proceso de innovación es la obtención de productos y procesos útiles, viables y, a la postre, rentables desde el punto de vista económico. Por cierto que la propia dinámica de las investigaciones nanotecnológicas, cualquiera que sea su objetivo, tiende a la colaboración multi e interdisciplinar. En la nanobiotecnología encontramos el trabajo

conjunto de investigadores de las ciencias experimentales tradicionales como la física y la química, con ingenieros de variadas especialidades, biólogos, investigadores médicos y de la salud, entre otros. Ahora bien, esta colaboración entre expertos de diversas tradiciones académicas es impulsada por el hecho de que lo que interesa primordialmente a las autoridades públicas, a las empresas y a la sociedad es una investigación orientada a fines concretos, a la resolución de problemas prácticos reales, ya sea para la obtención de un beneficio económico, la resolución de problemas sociales o la búsqueda individual del bienestar (De Cózar, 2004). En este punto, como sucede con cualquier otro conjunto de tecnologías, es preciso iniciar la evaluación de las nanobiotecnologías no sólo desde el punto de vista técnico o económico, sino igualmente ético, legal y social (Ach y Weidemann, 2009; Bruce, 2006; Casado, 2010; Jotterand, 2008; Riechmann, 2009).

Vivimos tiempos en los que resulta palmario que la mano invisible del mercado no suele coincidir con las conductas éticas, al menos tal y como las entendemos la mayoría de los ciudadanos. Sin negar en ningún momento que diversas aplicaciones nanobiotecnológicas sean altamente beneficiosas para la salud y la calidad de vida de las personas y el buen estado del medio ambiente, es evidente que los intereses comerciales tras el desarrollo de las nanobiotecnologías son formidables. Por circunscribirnos a un ámbito, el biomédico, baste pensar en el potencial comercial de los nuevos sistemas de diagnóstico, los fármacos, los tratamientos y las prótesis que incorporan nuevos materiales.

Además, las innovaciones nanobiotecnológicas poseen un grado de factibilidad razonable, es decir, en su conjunto parecen mucho más cercanas que los famosos “nanobots”, los diminutos robots tan asociados a las expectativas de los inicios de la nanotecnología. El ensamblaje molecular es una propiedad de la vida que puede ponerse al servicio de fines comerciales. Por si esto no fuera suficiente, los costes parecen a primera vista moderados en tanto los organismos modificados por la nanotecnología serían más baratos de producir que otros dispositivos puramente materiales (falta por controlar la producción a gran escala de estas nanobioentidades).

95

La convergencia de las biotecnologías con las nanotecnologías supone un proceso de gran significado científico, técnico y social, dada la capacidad transformadora de lo real de la combinación nano-bio. Es de prever un gran número de repercusiones sociales y ambientales, desde pequeñas mejoras incrementales en tecnologías ya bien asentadas (como filtros, sensores, materiales para prótesis, medicamentos) hasta innovaciones inimaginables hoy en día. Desde la perspectiva filosófica, se plantean interrogantes perturbadores sobre la difuminación de las separaciones conocidas entre un ser vivo y uno inerte, lo natural y lo artificial, una entidad biológica y su entorno, e incluso, a más largo plazo, entre un ser humano y un ser “post” o “trans-humano” (De Cózar, 2010 y 2011).

Ante esta perspectiva, es innecesario subrayar la necesidad de la investigación social en nanobiotecnología (De Cózar, 2009). Esta investigación puede adoptar una variedad de formas. Por un lado, tenemos la aplicación de metodologías estándar como son las encuestas de percepción, el método Delphi, los grupos de discusión, el

análisis del discurso y de la comunicación científica. Por otro, la investigación participante, más inspirada en las tradiciones antropológicas. Debido al desconocimiento en el que nos encontramos sobre la nanobiotecnología en su proyección social, cualquier método o técnica encuentra su justificación y su utilidad; siempre, claro está, que se cumplan los requisitos exigibles de calidad en su diseño y aplicación.²

Como criterio básico, es importante no perder de vista que el discurso sobre la nanobiotecnología, tomada así, en singular, resulta por lo común excesivamente simplificador. La realidad de la nanobiotecnología es múltiple y heterogénea. Aunque por razones estilísticas recurrimos indistintamente al singular o al plural, tengamos siempre en mente que lo que hay que analizar es cada innovación nanobiotecnológica en lo que tiene de distintivo. No obstante, centrarse en el plano discursivo general puede servir de tanto en tanto para clarificar mejor la argumentación y simbología (de apoyo o de rechazo) que se van elaborando en torno a las nanobiotecnologías, las representaciones de orden más amplio que las amparan o ponen en cuestión.

Entre las principales cuestiones que deben preocupar en una investigación social de las nanobiotecnologías se destacan las siguientes:

1. Análisis y gestión del riesgo. Los riesgos nanobiotecnológicos pueden ir desde toxicidad y ecotoxicidad hasta riesgos más difusos pero de gran calado, que tienen que ver con el incremento de las desigualdades sociales. Es preciso ir más allá de los enfoques puramente tecnocráticos, ampliando el punto de vista hacia una evaluación constructiva o participativa - en definitiva social- del riesgo tecnológico.

2. Diseminación de resultados y comprensión pública. La comunicación de los conocimientos y aplicaciones de la nanobiotecnología -pero también de las incertidumbres-, la comprensión o incomprensión de los ciudadanos sobre estos temas y la educación científico-tecnológica son elementos fundamentales para que los diferentes públicos estén en condiciones de debatir las cuestiones en juego relativas al despliegue de la nanobiotecnología en la sociedad.

3. Transferencia tecnológica. Incluye asuntos tales como el reforzamiento de la articulación interna de los grupos de investigación y actores relevantes (administradores, empresarios, gestores, responsables de asociaciones civiles, etc.), así como todo tipo de metodologías organizativas y estratégicas que mejoren los procesos de transferencia de las innovaciones nanobiotecnológicas hacia los diferentes sectores de la sociedad.

4. (Nano)bioética y (nano)biopolítica. Son nuevos ámbitos que recogen la reflexión y el discurso específicos de carácter ético y político para abordar los problemas que trae consigo (y acarreará en el futuro) el desarrollo de la nanobiotecnología.

2. Si bien de algún modo se está presuponiendo en estas líneas que la investigación social es aquella que es realizada por sociólogos, antropólogos y otros investigadores formados en el campo de las ciencias sociales, en realidad hay que ampliar el foco de la discusión para incluir las investigaciones relevantes que se realizan también en el campo de la filosofía y de las humanidades en general. Por ejemplo, en una sección posterior mencionaremos algunos temas bioéticos y biopolíticos que tradicionalmente son abordados por filósofos (si bien no exclusivamente por ellos).

5. Sostenibilidad. La búsqueda de la sostenibilidad, a pesar de las interminables controversias sobre su significado exacto y las maneras de alcanzarla, supone un desafío que no puede ser pospuesto por más tiempo, a tenor de las abrumadoras crisis ambientales que nos amenazan. ¿Qué papel pueden jugar las nanobiotecnologías en ello?

2. Análisis y gestión del riesgo nanobiotecnológico

El desarrollo de las nanobiotecnologías lleva aparejado una serie de riesgos que abarcan una escala muy amplia a nivel temporal (corto, medio y largo plazo) y en cuanto al grado de probabilidad de que realmente se materialicen. Los riesgos más evidentes y que más preocupan a día de hoy son los relativos a la toxicidad y ecotoxicidad de nanopartículas y nanomateriales. Esa toxicidad puede darse en su mismo origen, en los centros de investigación y producción industrial, y llegar hasta el fin de ciclo del producto (eliminación o reciclado del residuo), pasando por su almacenaje y uso (Ostiguy, Roberge, Woods y Soucy, 2010). Un campo especialmente sensible en relación a la posible toxicidad y otros efectos secundarios negativos es el de los métodos de diagnóstico, nuevos medicamentos y tratamientos médicos (nanomedicina).³

También hay que tener en cuenta las posibles fugas de material nanobiotecnológico y su propagación accidental en el medio ambiente o entre las personas. Este tipo de riesgos, en principio, serían similares a los asociados a las biotecnologías y a la biología sintética, incluidos los posibles usos con fines militares o terroristas.

97

Los productos de la nanobiotecnología podrían ser empleados para acceder de manera ilegítima a información personal (por ejemplo mediante nanobiosensores), para la vigilancia e incluso para el control de las personas mediante implantes y otros dispositivos. Asimismo, pueden darse casos de efectos psicológicos negativos producidos en una persona por el conocimiento de un diagnóstico altamente fiable sobre una enfermedad que padece todavía sin síntomas, o que padecerá en el futuro, y para la que no existe tratamiento.

Hay otra categoría de riesgos que no tiene tanto que ver con efectos directos en la salud y el medio ambiente o en la seguridad de las personas como con los efectos indirectos causados por las dificultades en el acceso a los beneficios que estas tecnologías puedan reportar. Tales dificultades tendrían que ver ante todo con la desigual distribución de la riqueza en el mundo (lo que referido a las nanotecnologías se conoce como “nanodivisión”).

A más largo plazo, estarían los tan debatidos riesgos “futuristas” derivados de plagas de nanorobots auto-replicantes, que amenazarían la naturaleza y la vida humana. Lo cierto es que, aunque se pongan los medios para evitar este tipo de catástrofes, hay riesgos que parecen de ciencia ficción, pero que gradualmente pueden ir dándose a medida que se extiendan los avances de las nanobiotecnologías.

3. Véase *Nanomed Roundtable* (2010) para una revisión de los aspectos éticos y sociales de la nanomedicina.

De continuar por la senda abierta, los seres humanos irán “maquinizándose”, transformándose en seres híbridos, o por usar una palabra ya familiar, en “ciborgs”, como de hecho ya está comenzando a suceder, al integrar en su cuerpo elementos naturales y artificiales. La propia artificialidad de los productos nanobiotecnológicos cada vez se irá difuminando más, sobre todo si son de tipo “blando”, es decir, si hacen uso de materiales biológicos ya existentes o derivados de ellos. Estas consecuencias no afectarían solo a nuestra especie. Las separaciones tradicionales entre mundo artificial y realidad natural se irán tornando más y más borrosas. La interpretación que se haga de este proceso de hibridación puede ser positiva, negativa o ambivalente.

Aquí conviene efectuar una observación de carácter metodológico. La incertidumbre, complejidad y ambivalencia asociadas a los riesgos de las nanobiotecnologías requiere superar los enfoques tecnocráticos de la identificación, análisis y gestión del riesgo. La experiencia pasada nos indica que ninguna de estas actividades puede quedar exclusivamente en manos de los expertos a la hora de identificarlos y valorarlos, ni tampoco de los responsables públicos en lo que atañe a las decisiones que hay que tomar al respecto. Se precisa de una participación más amplia de los ciudadanos a la hora de decidir si algo es o no un riesgo, y sobre todo, de si es o no un riesgo asumible. Por eso abogamos por desarrollar y emplear metodologías constructivas o participativas para el análisis, evaluación y gestión de los riesgos nanobiotecnológicos (Rip, 2008). Estos enfoques metodológicos identifican y ponen a colaborar a toda la serie de actores relevantes alrededor de una innovación, y lo hacen en tiempo real, mediante una serie de deliberaciones y acciones que comienza con la propia visión de una tecnología, continúa con su diseño y aplicación (en su caso), y -no menos importante- con un seguimiento de la innovación a lo largo del tiempo. Para ello, se deben cumplir unos criterios relativos a la representación democrática de todos los afectados, a fin de garantizar una deliberación y toma de decisiones justas.

98

3. Diseminación de resultados y comprensión pública

La comunicación social de la ciencia y, en este caso, la diseminación de los resultados científicos y productos de la nanobiotecnología, supone mucho más que la transmisión de unos conocimientos o informaciones, como si sólo se tratara de la elaboración de un mensaje que va, unidireccionalmente, del emisor (el experto) al destinatario (el público). Se requiere incidir en la información significativa, la que se conecta con lo que ya sabemos, con los valores asumidos, con las guías para la acción (Nanobio-raise, 2008). En efecto, uno de los principales problemas de la comunicación de la ciencia reside en el hecho de que los expertos o los profesionales de la comunicación relatan los logros obtenidos sin que los destinatarios entiendan en qué medida esa información tiene que ver con lo que previamente conocen o, peor, con lo que cotidianamente experimentan sin a veces tener plena conciencia de ello. El *framing* -enquadre o enmarcado de la información- se convierte así en una cuestión que va mucho más allá del éxito de una estrategia de marketing, que es para lo que frecuentemente se lo emplea. El mensaje es algo que debe ser construido pragmáticamente entre todos, los emisores y destinatarios del mismo.

La comprensión pública de la ciencia y de la tecnología -y la nanobiotecnología no es una excepción- viene de la mano del diálogo, del intercambio de ideas y de la elaboración o coproducción del “mensaje” entre los expertos, los actores o los agentes (*stakeholders*). En definitiva, es necesaria la implicación de todos los que tengan algún tipo de interés en los asuntos tratados o que se vean afectados de una manera u otra por las aplicaciones nanobiotecnológicas (los “públicos”). Los esfuerzos actuales de la UE para la comunicación y diseminación de la nanotecnología y de otras tecnologías convergentes van precisamente en esa dirección.⁴ Hay que transitar desde una imagen unitaria y pasiva del “público” a otra en la que surgen múltiples destinatarios, audiencias o “públicos”, con diferentes perfiles, intereses, posibilidades de interacción. Todo ello con vistas a desarrollar una innovación responsable y más en general, un buen gobierno (o “gobernanza”) de la ciencia y de la tecnología.

La inspiración básica tras este planteamiento es la de que la comprensión de las distintas realidades de la nanobiotecnología vendrá de la mano de una implicación activa y continuada por parte de todos los sectores implicados. En el proceso es crucial la elaboración de representaciones sociales adecuadas de las innovaciones, la creación de imaginarios sociales, ya sean negativos (cuando resulte necesario para prevenir situaciones inaceptables), ya positivos (cuando se concuerde con ello), ya ambivalentes (cuando no quepa optar fácilmente por una u otra de las alternativas anteriores).

4. Transferencia de las nanobiotecnologías

99

El éxito del proceso que discurre desde la investigación básica hasta la puesta en uso de una innovación específica en condiciones reales (pasando por la prueba del concepto, el diseño, los prototipos y la fabricación del producto) depende de una multitud de factores, parte de los cuales posee, por expresarlo así, un “carácter intangible”. A pesar de la vasta literatura sobre estas cuestiones, y de la experiencia acumulada a nivel internacional, todavía no se ha establecido con la suficiente precisión un conjunto de condiciones que permita garantizar el éxito del proceso. Factores no tenidos en cuenta, insospechados o simplemente mal gestionados, ponen en peligro la continuidad de una investigación y de un proceso de desarrollo a menudo muy costoso en términos de esfuerzo investigador y de recursos empleados.⁵ Las concepciones lineales del proceso de transferencia, hasta hace poco dominantes, se han revelado erróneas, pues entre otras razones no tienen suficientemente en consideración la multidimensionalidad de los factores intervinientes y las interacciones o bucles entre los distintos elementos y etapas.

4. Véase por ejemplo el extenso informe de la Comisión Europea (2010) sobre comunicación de la nanotecnología.

5. Por descontado, un conjunto fundamental de factores implicados en la transferencia tecnológica son los de carácter económico, pero no van a ser abordados en lo que sigue, debido a su complejidad técnica y al hecho de que requerirían un espacio muy amplio para ser tratados adecuadamente.

Entre los factores más importantes para una transferencia tecnológica con éxito se encuentran los relativos a la comunicación y coordinación armoniosa de los distintos actores humanos relevantes. Parte de estos actores pertenecen a la esfera “interna” de la innovación. Son los investigadores, gestores y expertos en el campo a la que va destinada (por ejemplo, el ámbito sanitario). Otros actores son “externos”, como son los distintos agentes sociales, los poderes públicos con influencia en el marco regulador y los beneficiarios del proceso (tales como los usuarios o pacientes). La separación entre la esfera interna y externa sólo puede revestir un carácter metodológico, puesto que el éxito de la transferencia depende precisamente de una interacción fructífera entre todos los actores. Desde hace un tiempo, se vienen desarrollando una serie de propuestas teóricas, metodológicas y prácticas cuyo fin, precisamente, es el de contribuir a la mejora de la evaluación (*ex ante* y *ex post*) y de la transferencia tecnológica, promoviendo un diseño del sistema tecnológico que contemple la articulación eficaz y justa de todas las partes implicadas. Se persigue una “co-construcción” de la innovación que evite los polos extremos del fracaso, por un lado, y de una imposición irreversible, por otro, pero con escasa aceptabilidad social. No se debe olvidar que las tecnologías a menudo implican una particular visión del mundo donde son aplicadas (creación de escenarios), así como un conjunto de relaciones sociales. Esta visión puede ser “inscrita” en el propio objeto técnico o bien en las formas organizativas en las que opera. La viabilidad de una innovación depende así, crucialmente, de que todos los actores relevantes en su producción y puesta en uso puedan colaborar de manera cohesionada y eficaz en la elaboración de dicho guión o código técnico (Feenberg, 1999) y en la evaluación del proceso de desarrollo en todas sus fases, además de llevar a cabo un seguimiento del mismo en el tiempo, propiciando los reajustes necesarios de la configuración técnica de la innovación en cuestión, de la organización social en la que se sustenta o de ambas (Guston y Sarewitz, 2002).

100

Un primer aspecto del problema son las posibles fricciones entre los grupos de investigación como consecuencia de los vicios organizativos que impone la propia estructura académica de investigación (en el caso de la investigación no realizada en empresas privadas, obviamente). La forma que tienen los grupos de investigación de obtener financiación de la administración les obliga a diferenciarse para competir entre ellos por los mismos recursos, unos recursos que son limitados. Esta situación de base complica la idea primordial de anar esfuerzos y de promover una investigación multidisciplinar que cree sinergias innovadoras. Los grupos deben apoyarse y ceder conocimiento a otros grupos, tal vez al estilo de los *clusters* de empresas innovadoras, para lograr acceder a una financiación de ámbito superior (suprarregional, nacional, internacional) y en cantidades mayores. Esto requiere un esfuerzo previo de “diseminación horizontal”, que permita hacer entender a los grupos de investigadores que la unión con sus posibles competidores será a la larga más beneficiosa para sus intereses, aunque para ello tengan que ceder (compartir) parte de sus recursos propios y de sus resultados (artículos y patentes, básicamente).⁶

6. Andrés Núñez, comunicación personal. Véase también su contribución en este mismo volumen.

En segundo lugar, es preciso abordar con rigor la cuestión de la interdisciplinariedad: en tecnologías emergentes como son las nanobiotecnológicas, así como en buena parte de los procesos de transferencia de las mismas, se requiere la configuración de equipos interdisciplinares altamente cohesionados. Surge la dificultad de articular el esfuerzo de actores provenientes de distintas “culturas” académicas y profesionales, con intereses, trayectorias y experiencias a menudo muy heterogéneas. Como ejemplo, recordemos que los investigadores científicos tienen por finalidad un reconocimiento profesional basado en la producción de artículos y otros textos académicos, por lo que deben hacer un esfuerzo de adaptación a los objetivos y peculiaridades de las dinámicas de innovación y transferencia. Por si fuera poco, aunque los investigadores están considerando la colaboración interdisciplinar una realidad cada vez más ineludible por la propia dinámica interna de los problemas de investigación en sus disciplinas y por presiones externas obvias, lo cierto es que se producen problemas de comunicación entre especialistas de diversos campos incluso en un ámbito tan interdisciplinar de suyo como es el de la nanobiotecnología. Así, antes de que el conocimiento adquirido pueda transferirse al resto de la sociedad, es necesario articularlo desde “dentro”, en la comunidad de los propios generadores del conocimiento.⁷

Además, nos encontraremos con actores que no sólo pertenecen al equipo de investigación en sentido estricto, sino a un colectivo más amplio que, sin embargo, es fundamental para que la investigación acabe dando lugar a aplicaciones viables en la práctica. El problema es de mejora de la comunicación entre actores internos (promotores de la innovación) y externos (destinatarios de la innovación y otros actores con competencia en su aplicación), pero también estructural, dado que ambos colectivos responden a percepciones e intereses a menudo no coincidentes (Callon, Lascoumes y Barthe, 2001). Tales problemas deben resolverse mediante formatos adecuados de intercambio (facilitación de “eventos puente” y “espacios comunes de reflexión e interacción”) que permitan llegar a acuerdos duraderos.

101

Los investigadores sociales pueden desempeñar en estos asuntos una función de innegable peso. Realizando su labor tradicional, pueden contribuir con nuevos conocimientos que mejoren la transferencia de las nanobiotecnológicas. Pero es que, además, pueden actuar como “mediadores” entre los generadores del conocimiento y de la tecnología (la esfera de los expertos) y el resto de los actores implicados en la transferencia tecnológica (Baya Laffite y Joly, 2008). Pueden incluso trabajar en el marco de “unidades de apoyo” ya situadas dentro de los centros tecnológicos para cubrir estos aspectos organizativos, sin descuidar la identificación de riesgos, la difusión de conocimientos o el asesoramiento en materia ética, así como otras dimensiones cruciales de la generación y transferencia de las nanobiotecnológicas, de manera análoga a la que se está describiendo en las presentes páginas.

7. Andrés Núñez y Clara Barroso, comunicación personal. Véase igualmente el artículo de esta autora incluido en el presente dossier.

5. Nanobioética y nanobiopolítica

Lo que estos términos tengan de extraño y carente de elegancia no debe hacernos perder de vista que apuntan a un conjunto de cuestiones significativas, algunas de ellas de hondo calado. La reflexión ética y política encuentra aquí sobradas razones para su despliegue.

Si adoptamos una posición, por decirlo así, lógica, yendo desde lo más amplio a lo menos amplio, la nanobioética puede ser considerada como una sub-área de la nanoética: aquella que se ocupa de aplicaciones nanotecnológicas que tienen relación con lo biomédico, lo biotecnológico, la agricultura o la alimentación (Malsch y Hvidtfelt-Nielsen, 2010). Pero también cabe entender la nanobioética como una sub-área de la bioética, esto es, aquella en la que la nanotecnología desempeña un papel relevante. En realidad, lo verdaderamente importante no es si la nanobioética pertenece a una u otra rama de la ética aplicada, sino las implicaciones éticas del fenómeno de convergencia nano-bio.

Con el fin de poder emplear el término sin enredarse en prolijas disputas definicionales, sugerimos la adopción de un punto de vista pragmático, en un sentido filosófico del término. Una vez reconocida la posible utilidad del término “nanobioética”, podemos pasar a preguntarnos por los campos de la actividad científico-tecnológica de los que podríamos aceptar que guardan una relación estrecha con lo sugerido por tal término. A tal fin, cabe fijar nuestra atención en los debates actuales. Pues bien, en las áreas de la nanobioética (y de las relaciones nanobiotecnología-sociedad), los debates científicos, públicos y filosóficos giran alrededor de cinco grandes temas:

- mejora humana (*human enhancement*)
- biología sintética
- nanomedicina
- agricultura-alimentación (*agrifood*)
- experimentación con animales.⁸

Por supuesto, ésta es una de las clasificaciones posibles. Por ejemplo, podrían incluirse las cuestiones ambientales y de seguridad en la lista. Ahora bien, tales cuestiones se suscitan, inevitablemente, al hilo de la discusión de los temas que acabamos de enumerar.

Un campo importante aquí son los códigos de conducta de los investigadores, las buenas prácticas en las empresas, las certificaciones de calidad y la auto-regulación en general. Hay que examinar con detenimiento la eficacia de tales medidas, si no van acompañadas de otras de mayor nivel y carácter obligatorio. Por ejemplo, en el caso de las empresas, muchas comienzan a ser reacias a la hora de suministrar información sobre los productos que manufacturan y sobre las medidas que toman en

8. Seguimos aquí la clasificación de Malsch y Hvidtfelt-Nielsen (2010).

el proceso de producción, probablemente por temor a reacciones hostiles por parte del público. Y por lo que respecta a los investigadores, muchos prefieren contar con normas de obligado cumplimiento que vengan “desde arriba” a la auto-regulación mediante códigos voluntarios de conducta, pues así se sienten más seguros en relación a las prácticas que pueden o no realizar.

Sea como fuere, interesa una interpretación amplia de “bioética”, que no se restrinja a los aspectos éticos en sentido estricto, sino que incluya también los aspectos legales y sociales (lo que en inglés se denomina ELSA: *Ethical, Legal and Social Aspects*).⁹ Cuando evaluamos las aplicaciones reales o potenciales de las nano y biotecnologías estas cuestiones surgen a menudo entrelazadas de una manera inextricable con los interrogantes específicamente éticos (Nanobio-raise, 2007).

Lo mismo vale para los aspectos políticos. La biopolítica es una reflexión ya bien establecida a partir de los trabajos seminales de Michel Foucault, seguidos por los de otros autores, como Giorgio Agamben (2003, 2004) o Roberto Esposito (2006).¹⁰ Por medio de tecnologías tan poderosas como las que estamos contemplando, que previsiblemente incrementarán notablemente su poder en un futuro cercano, los estados y otros poderes pueden intervenir sobre los seres humanos con el fin de vigilarlos, controlarlos, “mejorarlos” o castigarlos. Los individuos pueden interiorizar, literalmente, tecnologías que les permitan servir mejor unos supuestos intereses generales, similarmente a como han ido interiorizando “valores” y creencias para auto-limitarse e incluso para auto-castigarse.

Una de las definiciones pertinentes de la esfera biopolítica es la del ordenamiento de cada forma de vida (Mendiola, 2009: 9). Ahora bien, notemos que ello abarca no sólo la vida humana, sino cualquier otra, al menos en nuestro planeta, en tanto se halle sujeta a una gubernamentalidad estatal o supraestatal. Por consiguiente, la biopolítica podría ser concebida como una expresión de la “cosmopolítica”, en el sentido otorgado a este término por Isabelle Stengers (2003) y Bruno Latour (2004).¹¹ Ello quiere decir, no un llamamiento a la universalidad o a la vida en las grandes metrópolis, sino una “política del cosmos”. La política siempre ha versado sobre las cosas y sobre la materia. El balance se debería buscar a través de estos dos términos griegos: “cosmos” es lo que asegura que la política no sea sólo cuestión de los beneficios que puedan obtener unos humanos aislados; “política” es lo que asegura que el cosmos no sea completamente naturalizado y con ello mantenido totalmente aparte de las acciones humanas. Latour nos recuerda que en griego “cosmos” significa un orden, una disposición, una manera de “componer agencias”. Hablar de cosmopolítica es proponer que el mundo ha de ser compuesto antes que desvelado, poseído, señoreado o abandonado por algún otro mundo (Latour, 2011: 73).

La nanobiotecnología demanda así una cosmopolítica de los enredos entre humanos, seres vivos y artefactos. Involucra, por decirlo así, una biopolítica ampliada

9. O ELSI, por *Ethical, Legal and Social Issues*.

10. Una revisión reciente se encuentra en Fernández Agis (2011).

11. Véase, más recientemente, Latour (2011). Cf. también Kera (2007).

donde hay que hacer hueco a una extensión tremenda del número de los no humanos, vivientes o artificiales. Y además, por la clonación, los híbridos nanobiotecnológicos y los productos de la biología sintética, habría que incluir la tercera categoría, relativa a lo que es simultáneamente ambas cosas, es decir, una entidad viva y artificial.

La “intimidad” que el desarrollo tecnológico (y, en este caso, de las nanobiotecnologías) propicia con el cuerpo, los entes vivos, sustancias, dispositivos y artefactos, apenas si resulta visible. Sin la ayuda de los conocimientos científicos y del arsenal de instrumentación técnica que los posibilitan y acompañan, estas conexiones humano / no humano distan de ser sencillas de detectar por todos, resultando tanto más difíciles de descubrir para el común de los ciudadanos. Con el fin de visualizar los efectos que se propagan por la biopolítica de la nanomedicina, pongamos por caso, necesitamos saber lo que nos dicen los experimentos de los laboratorios, familiarizarnos con las nuevas técnicas y comunicarnos con los expertos. Así pues, se requiere una mediación científica y técnica. No obstante, esta mediación es sólo uno de los factores intervinientes. Si nuestros problemas en tanto que “público” son por lo general los de visualizar las consecuencias indeseadas de nuestras acciones (Dewey, 1954), entonces -gracias a un apropiado proceso de investigación científica y social- debe propiciarse el advenimiento de un público nuevo para la nanobiotecnología. Aquí la representación política de las nanobiotecnologías se combina con la representación epistemológica. Este es el campo, realmente, para una epistemología política de las nanobiotecnologías. Las cadenas representacionales de calidad (en su doble vertiente, epistemológica y política) deben unir el laboratorio con la esfera de la decisión pública. Este público de la nanobiotecnología así constituido, mediante los nexos establecidos entre investigación y decisión, ha de llegar a ser un poder político que contrarreste aquellos poderes que lo son de facto en este ámbito, sin en muchos casos poseer la debida legitimidad democrática.

104

6. Sostenibilidad

Es innecesario remarcar aquí cómo se abusa de este término para enmascarar todo tipo de intenciones e iniciativas que poco o nada tienen que ver con una concepción seria sobre cómo lograr formas de vida humana y no humanas en equilibrio con el entorno y perdurables en el tiempo. Sin embargo, a falta de otro concepto mejor, es legítimo y útil emplear el de sostenibilidad, siempre que tengamos en cuenta sus múltiples dimensiones ecológicas, sociales y económicas.

¿Cómo encaja la nanobiotecnología en esta complejísima realidad de lo sostenible y lo insostenible? Sobre todo se trata de una “sostenibilidad aplicada”, es decir, tiene que ver más con la aplicación concreta de la ciencia y de la innovación en materia nanobiotecnológica a las necesidades humanas (y ambientales) que con la elaboración de grandes esquemas abstractos. Ahora bien, esta orientación aplicada de la sostenibilidad, que en principio parece positiva por ser más específica y tal vez más eficaz, puede transformarse en una excusa para fragmentar en diminutas piezas el problema de propiciar un enfoque sostenible integral del entorno y de nuestras

vidas. En otras palabras, puesto que hay múltiples aplicaciones nanobiotecnológicas, el peligro de que se conviertan en *business* as usual es evidente. Por ejemplo, un nanobiosensor puede ser útil para controlar la contaminación ambiental, y en ese sentido afirmar su fabricante que contribuye a la sostenibilidad, al tiempo que produce más contaminación, o más peligrosa, en su fabricación o su desecho (por no contar con posibles efectos imprevistos).

La evaluación y transferencia de tecnologías, dentro de los planteamientos bosquejados anteriormente, debería impedir este tipo de maniobras retóricas. Una visión seria de la sostenibilidad, incorporada al diseño, ha de aparecer desde el comienzo en cualquier innovación nanobiotecnológica. Y debe ser el fruto de un debate amplio, no quedar solo en manos de las definiciones y establecimiento de las condiciones del problema (y por tanto de su solución) establecidas por los expertos. Sabemos por amarga experiencia que las soluciones a los problemas ambientales no pueden descansar únicamente en la tecnología, por muy brillante que ésta sea.

Dicho esto, las nanobiotecnologías pueden realizar una contribución nada desdeñable a la sostenibilidad aplicada en cuestiones bien delimitadas de la gestión ambiental, la gestión del agua y en materia energética. Qué derroteros tomarán estas innovaciones (si verán realizadas sus promesas o acabarán constituyendo tan sólo una oportunidad de negocio o incluso acabando en incuestionable fracaso) es todavía una incógnita (Maclurcan y Radywyl, 2011).

Mientras tanto, subrayemos la importancia de otro concepto igualmente amplio, pero más especificable técnicamente que el de sostenibilidad. Se trata del concepto de resiliencia. De hecho, es primeramente y antes que cualquier otra cosa un concepto técnico. Se refiere a la propiedad de ciertos materiales de recuperar su forma original después de que se les haya aplicado una fuerza que los dobla, estira o comprime. Es una propiedad cercana a la elasticidad, pero que se emplea en otros contextos (de la ecología, de la psicología, entre otras disciplinas) para subrayar la capacidad de reponerse de un estrés, de una perturbación de algún tipo. La resiliencia mide así la capacidad de un ecosistema para recuperarse de una agresión, sea producida por un cambio brusco de las condiciones climáticas, por la aparición de especies foráneas, por la acción humana o por otras causas. La resiliencia se puede aplicar también a los sistemas socio-técnicos, es decir, los sistemas formados por colectivos humanos y artefactos. Las nanobiotecnologías han de ser diseñadas para ser resilientes ellas mismas y, asimismo, para contribuir a la resiliencia de los sistemas en los que se inserten con objeto de combatir la vulnerabilidad que amenaza dichos sistemas. En todo caso, sería pernicioso que las aplicaciones de las nanobiotecnologías aumentaran dicha vulnerabilidad, su fragilidad y dependencia de factores exógenos difícilmente controlables o inesperados.

105

Conclusiones

El campo de la nanobiotecnología representa un amplio y heterogéneo conjunto de aplicaciones reales o potenciales en la intersección (e incluso hibridación) de lo vivo y lo inerte. Todas ellas tienen en común el diseño, construcción y manipulación de

entidades en el rango de 1 a 100 nanómetros, empleando enfoques basados en la biología o para el beneficio de los sistemas biológicos. La nanobiotecnología posee una gran transformadora de la realidad social y natural, debido a la convergencia de dos tecnologías de por sí poderosas -nanotecnología y biotecnología-, las cuales se refuerzan mutuamente, propiciando así un mejor control de las interacciones entre lo vivo y lo inerte, lo natural y lo artificial, lo humano y lo no humano.

La nanobiotecnología presenta dos grandes vertientes: la aplicación de nano a bio (aplicaciones en el medio ambiente y en los seres vivos, incluida la nanomedicina) y aplicación de bio a nano (biomímesis, hibridación). Se espera que las aplicaciones nanobiotecnológicas tengan numerosas repercusiones en todos los órdenes de la realidad social. Es de prever que se generarán significativos beneficios individuales y sociales, pero asimismo riesgos para la salud, la seguridad, el medio ambiente, así como otras consecuencias más a largo plazo, que atañen al acceso a los bienes y a la misma concepción de lo que significa ser humano. Dada la variedad y potencial impacto de las innovaciones nanobiotecnológicas, está más que justificado su estudio desde el punto de vista de la investigación social empleando una diversidad de metodologías. Entre los principales temas que ya se están abordando por un conjunto de estudiosos de las ciencias sociales y de las humanidades, se encuentran los siguientes:

1. Análisis y gestión del riesgo. Se intenta ir más allá de los enfoques puramente tecnocráticos, es decir, ampliar el punto de vista hacia una evaluación constructiva y participativa -en definitiva social- del riesgo nanobiotecnológico.
2. Diseminación de resultados y comprensión pública. La comunicación de los conocimientos, aplicaciones e incertidumbres relacionadas con la nanobiotecnología, la comprensión o incompreensión del público sobre estos temas y la educación científico-tecnológica son elementos fundamentales para que los diferentes públicos estén en condiciones de debatir las cuestiones en juego relacionadas con el despliegue de la nanobiotecnología en la sociedad.
3. Transferencia de tecnologías. Se busca reforzar la articulación interna de los grupos de investigación y el resto de actores relevantes (administradores, empresarios, gestores, responsables de asociaciones civiles, etc.), así como todo tipo de metodologías organizativas y estratégicas que mejoren los procesos de transferencia de las innovaciones nanobiotecnológicas hacia los diferentes sectores de la sociedad.
4. (Nano)bioética y (nano)biopolítica. Constituyen la reflexión y discurso específicos de carácter ético y político elaborados con el fin de tratar los problemas que ya conlleva el desarrollo de la nanobiotecnología o que acarreará en el futuro.
5. Sostenibilidad. Dejando de lado los múltiples abusos de este término, lo cierto es que continúa siendo crucial la determinación de las estrategias que permitan desarrollar y hacer perdurar en el tiempo unos estilos de vida más respetuosos con la naturaleza y dotados de mayor resiliencia.

La lectura de las descripciones contenidas en las páginas precedentes habrá llevado a la conclusión de que todos estos temas se refuerzan mutuamente. Por ejemplo, la

evaluación de riesgos depende de una mejor comunicación, transferencia y participación social; si presenta resultados positivos, mejorará las perspectivas de un enfoque sostenible de las nanobiotecnologías, incluidos los aspectos ético-políticos; y así sucesivamente. Se requiere la aplicación de herramientas metodológicas de evaluación que analicen los nuevos productos en todas las fases de su ciclo de vida, que incorporen múltiples criterios (técnicos, éticos, sociales). Es preciso profundizar en métodos que permitan tornar los resultados de la evaluación en opciones políticas claras, que faciliten la toma de decisiones informadas en contextos de complejidad e incertidumbre, como son los que caracterizan el despliegue de las nanobiotecnologías en nuestras sociedades. El marco general que se propone es el de una evaluación constructiva y participativa de las nanobiotecnologías para poder hablar seriamente de innovación responsable en este ámbito. La necesaria libertad de investigación y el interés económico y social que reviste el desarrollo de las innovaciones nanobiotecnológicas no debe hacer perder de vista los distintos niveles de responsabilidad individual y colectiva presentes. Las preocupaciones públicas en materia de salud y en relación a otros asuntos relevantes pueden incluso ser contempladas como oportunidades para ejercer una investigación e innovación responsable.¹² En suma, se trata de la aspiración de materializar una auténtica cosmopolítica de las nanobiotecnologías.

Bibliografía

107

ACH, J. S. y WEIDEMANN, C. (eds.) (2009): *Size Matters: Ethical, Legal and Social Aspects of Nanobiotechnology and NanoMedicine*, Münster, Lit.

AGAMBEN, G. (2003): *Homo sacer*, Valencia, Pre-Textos.

AGAMBEN, G. (2004): *Estado de excepción. Homo sacer II*, Valencia, Pre-Textos.

BAYA LAFFITE, N. y JOLY, P. B. (2008): "Nanotechnology and Society: Where do we stand in the ladder of citizen participation?", *Cipast Newsletter*, marzo.

BRUCE, D. M. (2006): "Nano-2-Life ethics: a scoping paper on ethical and social issues in nanobiotechnology", en J. S. Ach y L. Siep (eds.): *Nano-Bio-Ethics: Ethical Dimensions of Nanobiotechnology*, Münster, Lit, pp 63-84.

CALLON, M., LASCOUMES, P. y BARTHE, Y. (2001) : *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, París, Seuil.

CASADO, M. (coordinadora) (2010): *Bioética y nanotecnología*, Pamplona, Civitas Thomson Reuters.

12. Véase el artículo de Juan Sánchez García en este mismo volumen.

COMISIÓN EUROPEA (2010): *Communicating Nanotechnology. Why, to whom, saying what and how? An action-packed roadmap towards a brand new dialogue*, disponible en cordis.europa.eu/nanotechnology/src/publication_events.htm, consultado el 24 de febrero de 2012.

DE CÓZAR, J. M. (2011): *Nanotecnología, salud y bioética. Entre la esperanza y el riesgo*, Asturias, Sociedad Internacional de Bioética, en www.sibi.org/jgp/libros/Libro%20Premio%20JGPA%20SIBI%202010.pdf, consultado el 24 de febrero de 2012.

DE CÓZAR, J. M. (2004): "Nano y biotecnologías: un encuentro perturbador", Inguruak. *Revista vasca de sociología y ciencia política*, Monográfico: biotecnologización de lo social, 40, diciembre, pp. 159-186.

DE CÓZAR, J. M. (2009): "Aspectos sociales de las nanotecnologías", en A. Ibarra (ed.): *¿Qué es la nanotecnología? Avances, expectativas y riesgos*, Donostia, Cátedra Sánchez Mazas, colección poliedro, pp. 95-137.

DE CÓZAR, J. M. (2010): "Sobre la mejora humana por medio de las tecnologías convergentes", *Mundo Nano. Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, vol. 3, n° 2, julio-diciembre, pp. 49-63, en www.mundonano.unam.mx/, consultado el 24 de febrero de 2012.

DEWEY, J. (1954) [1927]: *The Public and its Problems*, Athens, OH, Swallow Press/Ohio University Press.

ESPOSITO, R. (2006): *Bios: biopolítica y filosofía*, Buenos Aires, Amorrortu.

FEENBERG, A. (1999): *Questioning Technology*, Nueva York, Oxford University Press.

FERNÁNDEZ AGIS, D. (2011): *Bioética y biopolítica. Reflexiones sobre ética, ciencia y política en el mundo actual*, Saarbrücken, EAE.

GUSTON, D. y SAREWITZ, D. (2002): "Real-time technology assessment", *Technology in Society* 24, pp. 93-109.

KERA, D. (2007): "Biopolitics, microbiopolitics, neuropolitics, comsmopolitics and other posthumanist views of the global society", *Masaryk University Journal of Law and Technology*, 135.

JOTTERAND, F. (ed.) (2008): *Emerging Conceptual, Ethical and Policy Issues in Bionanotechnology*, Nueva York, Springer.

LATOUR, B. (2004): *Politics of Nature: How to bring the Sciences into Democracy*, Cambridge, Harvard University.

LATOUR, B. (2011): "Politics of nature: East and West perspectives", *Ethics & Global Politics*, 4(1), pp. 71-80.

LECHUGA, L. (2009): "Nanobioteología y salud: nuevos avances diagnósticos y terapéuticos", en A. Ibarra (ed.): *Qué es la Nanotecnología? avances, expectativas y riesgos*, Donostia, Cátedra Sánchez-Mazas, Colección Poliedro.

MACLURCAN, D. y RADYWYL, N. (eds.) (2011): *Nanotechnology and Global Sustainability*, Boca Raton, CRC Press.

MALSCH, I. y HVIDTFELT-NIELSEN, K. (2010): *Nanobioethics, ObservatoryNano 2nd Annual Report on Ethical and Societal Aspects of Nanotechnology*, en www.observatorynano.eu/project/document/2673/, consultado el 24 de febrero de 2012.

MENDIOLA, I. (ed.) (2009): *Rastros y rostros de la biopolítica*, Barcelona, Anthropos.

NANOBIO-RAISE (2007): *Ethical and Societal Issues in Nanobiotechnology, Nanobio-raise organization*, Delft, en nanobio-raise.org/groups/editors/menus/resources/50/view, consultado el 24 de febrero de 2012.

NANOBIO-RAISE (2008): *Public Perceptions and Communication about Nanobiotechnology*, Delft, en nanobio-raise.org/groups/editors/menus/resources/50/view, consultado el 24 de febrero de 2012.

NANOMED ROUNDTABLE (2010): *Nanomed Round Table Final Report. A Report on the Nanomedicine Environment*, Bruselas, en www.nanomedroundtable.org/, consultado el 24 de febrero de 2012.

109

OSTIGUY, C., ROBERGE, B., WOODS, C. y SOUCY, B. (2010): *IRSST (REPORT R-656) - Engineered Nanoparticles: Current Knowledge about Occupational Health and Safety Risks and Prevention Measures*, segunda edición, Montreal, IRSST - Communications Division.

RIECHMANN, J. (ed.) (2009): *Nanomundos, multiconflictos. Una aproximación a las nanotecnologías*, Barcelona, Icaria.

RIP, Arie (2008): "Nanoscience and Nanotechnologies: Bridging Gaps Through Constructive Technology Assessment", en G. Hirsch Hadorn et al. (eds.): *Handbook of Transdisciplinary Research*, Nueva York, Springer, pp. 145-157.

SHOSEYOV, O. y LEVY, I. (eds.) (2008): *NanoBioTechnology: bioinspired devices and materials of the future*, Totowa, Nueva Jersey, Humana Press.

STENGERS, I. (2003): *Cosmopolitiques*, vol. 2, París, La Découverte.

La terapia génica cerebral: conquista y horizonte de lo 'nano'

Brain gene therapy: triumph and future of nanotechnology

Rafael Castro *

La terapia génica cerebral consiste en la introducción de ácidos nucleicos en el tejido nervioso con un propósito terapéutico. Mediante la terapia génica (TG) no invasiva, este material genético es introducido indirectamente por vía sanguínea, evitando su inyección directa en el parénquima cerebral y el daño de la barrera hematoencefálica. Dicha terapia supone nuevas y excitantes perspectivas para el tratamiento de numerosas enfermedades neurológicas para las cuales no existen tratamientos farmacológicos efectivos. En los últimos años se ha producido un giro espectacular en las estrategias para la transferencia génica no invasiva del sistema nervioso central. El desarrollo de nuevos serotipos de vectores adenoasociados y de una gama de nanopartículas funcionalizadas permite introducir y expresar material genético en el tejido nervioso tras la administración periférica de dichos vectores. Los estudios en animales resultan altamente prometedores y es probable que en los próximos años den lugar a procedimientos de terapia génica útiles y seguros para su uso en pacientes. En el horizonte de la TG se abre la nanotecnología con el desarrollo de nuevos materiales y formación de vectores híbridos que mejoren la eficiencia y selectividad, pero sin olvidar el equilibrio consciente que debe haber entre necesidades humanas e innovación científica-tecnológica.

|||

Palabras clave: terapia génica, nanopartículas, cerebro, AAV9, sociedad

Brain gene therapy involves the input of nucleic acids into nerve tissue for therapeutic purposes. The genetic material is indirectly introduced into the blood through non-invasive gene therapy, thereby avoiding direct injection into the brain which can damage the blood-brain barrier. Such therapy offers exciting new treatments for the numerous neurological diseases which lack effective pharmacological treatments. In recent years there has been a dramatic shift in non-invasive strategies for transferring genes into the central nervous system. The development of new serotypes of adenoassociated vectors and of a range of functionalized nanoparticles means that it is now possible to introduce and express gene material in nerve tissue following peripheral administration of the vectors mentioned above. Studies already performed on animals have had highly promising results and it is likely that over the next few years they will give rise to non-invasive gene therapy procedures which will be useful and safe for treating patients. The future of gene therapy nanotechnology will open the development of new materials and formation of hybrid vectors that improve efficiency and selectivity while maintaining the equilibrium that must exist between human needs and scientific-technological innovation.

Key words: gene therapy, nanoparticles, brain, AAV9, society

* Profesor Titular de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad de La Laguna, Tenerife, España. Correo electrónico: jrcastro@ull.es.

Introducción a la terapia génica

En los últimos quince años hemos asistido al inicio de una revolución científica basada en la capacidad de medir, manipular y organizar la materia en la escala del nanómetro. La nanotecnología se define como el conjunto de saberes y metodologías dirigidas a estudiar, fabricar y caracterizar estructuras funcionales con dimensiones inferiores a unas pocas decenas de nanómetros. Es el término popular para la construcción y utilización de estructuras funcionales con al menos una dimensión característica medida en escala nanométrica -un nanómetro (nm) es la mil millonésima parte de un metro (10^{-9} m)-. Esto es más o menos cuatro veces el diámetro de un átomo individual. La anchura del ADN es aproximadamente de 2,5 nm y las moléculas de proteína miden 1-20 nm. Dada la inherente nanoescala de los componentes funcionales de las células vivas, era inevitable que la nanotecnología se aplicara en biotecnología, dando lugar al término de “nanobiotecnología”, la cual está empezando a tener un impacto en la salud.

Durante los pasados 50 años, los conceptos iniciales de nanotecnología han dado lugar a numerosas tecnologías, y algunos medicamentos basados en nanotecnología se encuentran en el mercado. La invención del microscopio revolucionó la medicina, al posibilitar la detección de microorganismos, así como el estudio de la histopatología de la enfermedad. La microcirugía supuso un refinamiento considerable sobre la microcirugía y abrió las posibilidades a procedimientos que no se llevaban a cabo con anterioridad o tenían una alta mortalidad y morbilidad. Las nanotecnologías, al abrirse al mundo más allá de la microescala, tendrán un impacto similar en medicina y cirugía. Esto se debe a que los procesos fisiológicos y patológicos a nivel celular ocurren a nanoescala. La nanomedicina es, por tanto, la aplicación de la nanobiotecnología a la medicina. Puede también ser considerada como un refinamiento de la medicina molecular e integra los avances en genómica y proteómica para facilitar el desarrollo de la medicina personalizada. La nanobiotecnología tendrá un impacto en el desarrollo de la nanomedicina, tanto directamente como mejorando otras disciplinas, entre las que se encuentra la terapia génica.

Los fármacos convencionales de pequeño peso molecular han sido diseñados para que se difundan en las células mediante cinéticas precisas y, donde sea necesario, empleando sistemas de transporte específicos. La terapia de proteínas es más compleja, especialmente si tiene que actuar intracelularmente, porque no hay muchas vías celulares para importar proteínas. Además, estas moléculas, como por ejemplo la insulina, no pueden administrarse oralmente. La situación se hace compleja cuando se quiere administrar ácidos nucleicos debido a su tamaño y a la falta de sistemas de importación a través de la membrana celular, especialmente en el núcleo celular. Por tanto, los ácidos nucleicos necesitan ser empaquetados de forma natural en partículas virales que satisfagan muchas de estas propiedades o en partículas artificiales que puedan sustituir a los virus. La vida media del tratamiento es también completamente diferente, ya que la transformación que se consigue con los ácidos nucleicos puede significar una alteración permanente, al contrario que el tratamiento con fármacos convencionales, el cual es intrínsecamente transitorio.

La terapia génica puede considerarse uno de los proyectos más importantes para la humanidad y su futuro, en la medida en que apunta a combatir en sus propias causas las enfermedades de origen hereditario y genéticas en general. La terapia génica se define como la introducción de ácidos nucleicos en células para modificar el curso de una condición médica o enfermedad. Pero decidir si la terapia génica es adecuada para el tratamiento de una enfermedad, implica muchas cosas: la escasez o ineficacia de otros tratamientos, haber identificado el gen o genes alterados en la misma, comprender la biología de la enfermedad, duración, localización, distribución, y la disponibilidad de una copia normal del gen afectado. Inicialmente propuesta para el tratamiento de enfermedades monogénicas, la terapia génica es reconocida ahora como “una nueva forma de administración de fármacos” que ofrece estrategias diversas para el tratamiento de enfermedades innatas y adquiridas. Si el futuro de la terapia génica está en competir con éxito con el tratamiento farmacológico clásico, será necesario disponer de métodos económicos, simples y eficaces de transferencia génica.

1. Vectores de terapia génica

Para lograr una transferencia génica exitosa es crucial la elección del vehículo (vector) que va a transferir el gen terapéutico (transgén) al tejido o tipo celular deseado. Básicamente, los vectores utilizados en terapia génica pueden dividirse en dos grandes grupos, virales y no virales, cada uno de los cuales presenta ventajas e inconvenientes. Dado que los virus no son organismos vivos, podemos considerarlos como nanomáquinas de la naturaleza, de las cuales la terapia génica modifica algunas piezas, por ejemplo, eliminando las partes del virus que le permiten reproducirse y causar enfermedad, y sustituyéndolas por el transgén. Dentro de los sistemas virales existen, por ejemplo: adenovirus, retrovirus, virus del herpes simple, lentivirus, adenoasociados... Cada vector viral tiene características particulares, como son la preferencia para reconocer y transferir su material genético a un tipo particular de célula, la capacidad de almacenamiento de genes, la facilidad o no para obtener grandes cantidades de partículas virales. Algunos de los vectores virales que han mostrado su eficacia para transferir genes *in vivo*, por ejemplo, en el sistema nervioso central o SNC (especialmente lentivirus y virus adenoasociados) pueden integrarse en los cromosomas de las células transducidas, favoreciendo una expresión duradera del transgén en los animales de experimentación (Thomas, 2003: 346-358). En varios casos, se transforman genéticamente algunas líneas celulares para producir neurotransmisores o factores neurotróficos (proteínas que modulan el crecimiento, la diferenciación, la reparación y la supervivencia de las neuronas) en grandes cantidades, la conocida terapia génica *ex vivo*, con la finalidad de utilizarse como alternativas terapéuticas en trastornos del SNC (Mejía-Toiber, 2009: 483-489). Sin embargo, los vectores virales generan importantes problemas relacionados con su producción y seguridad (Kaiser, 2002: 2113-2115). Además, algunos vectores virales inducen una respuesta inmune que disminuye la eficacia y bioseguridad con una administración repetida. Una complicación adicional del uso de algunos vectores virales es su tendencia a integrarse cerca de promotores (regiones de ADN que controlan la actividad de genes específicos) y en unidades transcripcionales (secuencias de ADN que se activan de una vez), aumentando con ello la posibilidad

de causar efectos adversos (Essner, 2005: 513-519). En los últimos años ha habido importantes esfuerzos por desarrollar estrategias alternativas no virales de transferencia génica in vivo. En este sentido, se ha empleado ADN desnudo, ligado a una variedad de complejos moleculares, como liposomas, nanopartículas no lipídicas, polímeros y polipéptidos. Con estos vectores, la manufactura de ADN a gran escala resulta factible, reproducible, y el producto final no requiere condiciones sofisticadas de almacenamiento. Además, los vectores no virales no presentan restricciones en relación con el tamaño del gen ni provocan una respuesta inmunológica significativa (Conwell, 2005: 3-18). La nanotecnología puede resolver el problema de selectividad en la terapia génica, es decir, que el transgén llegue sólo a las células que lo necesitan.

Sin embargo, con el uso de un vector no viral, la entrada del material genético a la célula es limitada, debido a la necesidad de proporcionar el ADN en la superficie celular en concentraciones suficientes para su entrada (Luo, 2000: 893-895), y a que el transgén tiene aún que escapar de la degradación y llegar al núcleo de las células para poderse expresar. La carga eléctrica altamente negativa del ADN también dificulta su transporte, por lo cual se utilizan polímeros o iones con carga positiva para neutralizarla. Los vectores no virales presentan también dificultad para inducir una expresión duradera del gen terapéutico, hecho que enlaza con la regulación de la expresión del gen transferido. Una vez en el núcleo, el gen puede integrarse o no adecuadamente en los cromosomas de la célula, y las necesidades pueden ser diferentes en cada caso. Por ejemplo, en una enfermedad neurodegenerativa es probable que se requiera una expresión prolongada; y en otros casos puede ser suficiente con la expresión transitoria del gen, como en las células cancerosas. Los vectores no virales presentan también dificultad para inducir una expresión duradera del gen terapéutico (Conwell, 2005: 3-18; Pathak, 2009: 1559-1572). Aunque este hecho limita de momento su uso en terapia génica de enfermedades cerebrales, no es menos cierto que en los últimos años ha habido un desarrollo espectacular en cuanto a su diversidad, propiedades y manufacturación.

114

2. Nanopartículas que cruzan la barrera hematoencefálica

Patologías frecuentes y graves como el autismo, la enfermedad de Alzheimer, los tumores cerebrales, los ictus, etc., no disponen de tratamientos curativos eficientes en la actualidad. Uno de los factores que dificulta el desarrollo de nuevas terapias es la barrera hematoencefálica (BHE), la cual limita en muchos casos el acceso del agente terapéutico al tejido neural. La BHE está constituida por una estructura vascular especializada formada por la interacción entre células endoteliales que tapizan el interior de los vasos cerebrales y numerosos pies de astrocitos que tapizan por fuera los vasos cerebrales para regular el paso y difusión de moléculas entre el plasma y el SNC (Loch-Neckel, 2010: 165-174). Las moléculas pequeñas -generalmente inferiores a 500 Daltons (Da)- y algunos péptidos liposolubles pequeños pueden pasar la BHE sin la mediación de transportadores específicos. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, el trasiego por la BHE precisa de transcitosis (transporte de moléculas a través de una célula) mediada por receptores o transportadores selectivos, como el receptor de lipoproteína de baja densidad (LDLR), el receptor de

insulina, el receptor de leptina, el receptor de transferrina y el receptor de factor de crecimiento similar a la insulina.

La elección de un vector apropiado que transfiera el gen deseado en el área cerebral afectada es crucial a la hora de establecer una terapia génica segura y eficiente para el SNC. Casi un 70% de los ensayos clínicos actuales emplean vectores virales como vehículos de transferencia de ADN en células para reparación de genes defectuosos. Aunque los vectores virales resultan efectivos y son ampliamente usados, no es menos cierto que existen aún aspectos importantes de seguridad que hay que tener en cuenta cuando se emplean partículas virales en un programa terapéutico (Thomas, 2003: 346-358). Debido a los evidentes efectos colaterales de los vectores virales, el objetivo real está en conseguir una terapia génica, eficiente, no invasiva y no viral para el cerebro. Ello requerirá soluciones multidisciplinarias entre diferentes campos, como ingeniería, química, biología celular, fisiología, farmacología y medicina. Aunque este escenario ideal no se ha conseguido aún, sí que hay hecho un trabajo considerable sobre estrategias de transferencia génica nanotecnológicas para cruzar la BHE. Por tanto, la aplicación de la nanotecnología en la investigación biomédica está teniendo un importante impacto en el desarrollo de nuevos tipos de herramientas diagnósticas y terapéuticas.

Durante los últimos años ha habido mucha investigación en terapia génica, con progresos significativos en el desarrollo de nuevas estrategias de transferencia génica en el SNC y en la evaluación de su potencial en el tratamiento de enfermedades neurológicas. Entre los diferentes sistemas desarrollados para este propósito, hemos comentado que los vectores virales han sido, sin duda, los más usados. Además, debido al impedimento de las medicinas génicas en cruzar la BHE, la mayoría de los trabajos realizados han utilizado vectores virales adenoasociados o vectores lentivirales (empleando rutas invasivas de administración, como la inyección intracerebral con craneotomía) y que, además, producen una expresión génica localizada. Aunque la inyección directa intracerebral de vectores virales que expresan transgenes -terapia génica invasiva (TGi)- puede ser una alternativa razonable para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas localizadas, en las que están implicadas estructuras anatómicas discretas del cerebro (Tenenbaum, 2002: 451-483), el tratamiento de muchos trastornos neurológicos demanda la transferencia del transgén a todo el SNC. Por otro lado, el pequeño tamaño del ratón (principal modelo animal empleado) favorece una expresión génica más distribuida, siendo necesarias apenas cinco inyecciones de vector en todo el cerebro. Sin embargo, el mayor tamaño del cerebro humano requeriría demasiadas inyecciones locales, haciendo el procedimiento clínicamente impracticable. Por ello, en los últimos años se ha producido un giro espectacular en las estrategias de transferencia no invasiva de genes terapéuticos en el SNC -terapia génica no invasiva (TGni)-. En este tipo de transferencia génica se introducen ácidos nucleicos indirectamente en el tejido nervioso (generalmente por vía sanguínea), con objeto de lograr una utilidad terapéutica, evitándose así su inyección directa en el parénquima cerebral y el daño en la BHE. A continuación se hará una descripción de los tipos y características más importantes de los vectores virales y no virales que posibilitan la realización de una TGni en el SNC.

Un foco de atención clave es el desarrollo y uso de vectores no virales a base de nanopartículas, para lograr una transferencia génica segura y eficiente. Entre las mayores ventajas de estos vehículos a nanoescala de transferencia de fármacos/genes está su habilidad para cruzar las barreras de membrana, particularmente en el SNC. Estas nanopartículas deben ser funcionalizadas de alguna manera para ser eficaces, lo que significa poder llenarse con, o acoplarse a, moléculas terapéuticas (como fármacos, ácidos nucleicos...) o marcarse con anticuerpos o ácidos nucleicos para facilitar la detección de una diana de interés. Pueden fabricarse a modo de nanocristales, complejos de fármaco-polímero o creando esferas a nanoescala (liposomas) que puedan atrapar moléculas de fármacos u otros agentes (LaVan, 2003: 1184-1191). Las nanopartículas poliméricas han resultado efectivas en estudios de transferencia génica (Cohen, 2000: 1896-1905). Son partículas que transportan fármacos/genes de interés dentro de una matriz de polímero biodegradable. Dependiendo del método de preparación, pueden obtenerse nanopartículas, nanoesferas o nanocápsulas. Las nanoesferas constan de una matriz de polímero en el que el fármaco/gen está físicamente y uniformemente disperso, mientras que las nanocápsulas representan sistemas de transporte vesicular en los que el fármaco/gen está confinado en una cavidad rodeada de una matriz de polímero. Las nanopartículas poliméricas presentan una mejor eficiencia en términos de transporte de fármacos/genes comparadas con los métodos tradicionales orales e intravenosos (Soppimath, 2001: 1-20). Estas ventajas tienen su origen en dos propiedades básicas. En primer lugar, su pequeño tamaño favorece la penetración a través de pequeños capilares, lo que permite una mayor acumulación del fármaco/gen en el sitio diana (Soppimath, 2001: 1-20). Esto es particularmente relevante en el SNC, en el que el transporte de algunos fármacos es limitado, debido a su incapacidad para cruzar la BHE. La aplicación de nanopartículas como vehículos de transporte de fármacos/genes puede ayudar a superar dicho obstáculo. De hecho, se ha demostrado recientemente que las nanopartículas poliméricas son efectivas para el transporte de péptidos y otros agentes a través de la BHE (Kreuter, 2003: 409-416; Nahar, 2006: 259-318). En segundo lugar, el uso de polímeros biodegradables favorece la liberación sostenida de fármacos/genes en el sitio diana durante un largo período (Fang, 2009: 19268-19273).

Los dendrímeros son macromoléculas tridimensionales altamente ramificadas que rodean un núcleo central, y que pueden diseñarse a escala nanométrica con extraordinaria precisión. Los dendrímeros cuentan con varios extremos libres, a los que se pueden acoplar y ser transportadas moléculas de distinta naturaleza, desde agentes terapéuticos hasta moléculas fluorescentes. En su núcleo central pueden incorporarse diferentes moléculas de fármacos o ADN y, debido a su estructura ramificada, un solo dendrímero es capaz de transportar una cantidad elevada de moléculas, cuando se compara con otros sistemas de transporte basados en nanopartículas. Múltiples grupos terminales que se localizan predominantemente en la superficie pueden controlar la interacción de las macromoléculas de dendrímero con su ambiente molecular. De hecho, los dendrímeros suelen contener más de 100 grupos terminales, dotados de amplios sitios reactivos, para permitir la conjugación con diferentes tipos de moléculas (Jain, 2008: 1035-1052). Además, dichos grupos terminales pueden modificarse para hacer hidrofílico el interior y que su exterior permanezca hidrofóbico, o viceversa (Sahoo, 2003: 1112-1120). Recientemente se ha

demostrado que los dendrímeros pueden ser vectores prometedores de transferencia génica en el cerebro.

Los fulerenos son pequeñas esferas de pocos nanómetros de tamaño (nanoesferas), constituidas por átomos de carbono, ubicados de tal manera que forman estructuras nanométricas hexagonales y pentagonales. El fullereno más conocido es el carbono 60 (C-60), constituido por 60 átomos de carbono que forman una estructura similar a la de un balón de fútbol. Recientemente se ha descrito un fullereno soluble en agua, derivado del C-60, capaz de cruzar la membrana citoplasmática, y que se localiza preferentemente en la mitocondria (Foley, 2002: 116-119). Esto abre grandes perspectivas a la hora de poder realizar terapia génica mitocondrial. Las nanoesferas de carbono derivadas de glucosa son una clase emergente de vectores intracelulares. Las superficies de estas esferas están altamente funcionalizadas y no necesitan ninguna otra modificación. Además, la propiedad fluorescente intrínseca de las nanoesferas de carbono representa una ventaja a la hora de seguir su localización celular, sin necesidad de añadir marcas fluorescentes adicionales. Estas esferas pueden dirigirse al núcleo de las células de mamíferos, sin causar toxicidad (Selvi, 2008: 3182-3188). Los experimentos in vivo han demostrado que estas nanoesferas pueden atravesar la BHE y localizarse en el cerebro, así como en el hígado y bazo (Selvi, 2008: 3182-3188; Wong-Ekkabut, 2008: 363-368). Hay evidencia también de su continua remoción de estos tejidos durante el tiempo. Aunque los vectores no virales basados en nanopartículas son fáciles de producir y tienen baja inmunogenicidad, hay cuestiones de toxicidad, especificidad, regulación de la expresión del transgén y eficiencia de transfección (introducción de ADN exógeno al interior de una célula eucariótica) que deben ser resueltas antes de su aplicación clínica.

117

3. Terapia génica cerebral no invasiva con nanopartículas

En terapia génica de enfermedades que afectan a extensas áreas del cerebro, la estrategia preferida sería administrar los vectores por vía sistémica. El cerebro humano contiene del orden de 100 millones de capilares que abarcan una superficie de aproximadamente 12 m² (Bickel, 2001: 247-279). Prácticamente cada neurona del cerebro tiene su propio capilar, con una distancia media de capilar a neurona de 8-20 μ m (Schlageter, 1999: 312-328). La administración de un gen terapéutico a neuronas a través de la membrana capilar sería entonces el método de elección. Sin embargo, hemos visto previamente que la BHE constituye un serio obstáculo a la entrada de macromoléculas en el cerebro. El mecanismo básico acuñado por Pardridge como caballos troyanos moleculares consiste en que una proteína o ADN que para cruzar la BHE es acoplada/conjugada a un ligando que es reconocido por un receptor que está presente en el lado luminal (por ejemplo, de la luz de un vaso) de las células endoteliales capilares del cerebro. Una vez en la sangre, el complejo proteína/ADN-

1. El sistema endosomal/lisosomal es el aparato responsable de la digestión intracelular de macromoléculas internalizadas del exterior por los diferentes tipos de endocitosis, y de material intracelularmente generado (autofagia).

ligando se une al receptor, llevándose a cabo un proceso de endocitosis. Dicho complejo se desplaza seguidamente por el citoplasma endotelial, evitando el sistema endosomal/lisosomal, para salir entonces por el lado abluminal (cerebral).¹ Este sistema de transporte de proteínas a través de la BHE se ha empleado con éxito para varios factores neurotróficos, pero también como un tipo de nanopartículas detalladas a continuación (inmunoliposomas pegilados, ILP) que contienen ADN que expresa enzimas y factores neurotróficos de interés terapéutico en la enfermedad de Parkinson (Zhang, 2009: 1059-1063).

Hemos comentado previamente que la BHE posee mecanismos específicos de transporte mediados por receptores, que pueden aprovecharse como vía de transporte de fármacos/genes al cerebro. El receptor de transferrina es particularmente interesante, porque su expresión está restringida a los capilares cerebrales y a las membranas neuronales (Jefferies, 1984: 162-163). Para el direccionamiento cerebral con transportadores coloidales de genes se han utilizado fundamentalmente inmunoliposomas pegilados (ILP). La transferencia de ILP desde la sangre al cerebro se consigue mediante anticuerpos monoclonales dirigidos contra el receptor de transferrina o de insulina, los cuales, al unirse a sus respectivos ligandos, inducen la endocitosis mediada por receptor (transcitosis), incorporando posteriormente los genes exógenos en el parénquima cerebral sin dañar la BHE. Con la administración intravenosa de inmunoliposomas pegilados se ha conseguido expresar un gen antisentido en células de glioma humano (un tipo de tumor del SNC que surge a partir de las células gliales), las cuales habían sido previamente intracerebralmente implantadas en ratón (Zhang, 2002: 183-194). Asimismo, un plásmido de expresión de tirosina hidroxilasa (TH) fue administrado por vía intravenosa (con ILP) en un modelo de enfermedad de Parkinson producido con la neurotoxina 6-hidroxidopamina, apreciándose la normalización de los niveles de expresión de TH en el estriado (una importante región cerebral relacionada con el control motor) (Zhang, 2003: 1-12).

118

En los últimos años, los dendrímeros de poliamidoamina (PAMAM) han emergido como una clase nueva de polímeros esféricos nanoscópicos que han capturado el interés de investigadores de varias disciplinas científicas. Cada vez resulta más evidente que la PAMAM es un polímero multifuncional con diversas aplicaciones como, por ejemplo, ser vehículos de transferencia para oligonucleótidos antisentido y de ARNsi (Kang, 2005: 2099-2106).² Además, en sí misma, la PAMAM puede comportarse como un eficiente transportador de genes. Las PAMAM que poseen grupos de superficie amino-primaria tienen la inherente habilidad de asociarse con y condensar ADN, habiéndose empleado eficientemente en transferencia biocompatible de ADN (Kim, 2004: 2487-2492).

Una buena eficiencia de transfección se ha conseguido también modificando la superficie de la PAMAM con el aminoácido L-arginina. Las aminas primarias localizadas en la superficie de estos dendrímeros permiten la conjugación con

2. Secuencias cortas de ácidos nucleicos diseñados para unirse a secuencias específicas de ADN y, por tanto, con potencial terapéutico para inhibir la expresión de genes.

algunos ligandos, como transferrina, para lograr una transferencia génica eficiente dirigida al cerebro. Con este objetivo, se ha desarrollado recientemente un vector para transferencia génica en el cerebro. Recordemos que el receptor de transferrina se expresa en la BHE y en la membrana neuronal. La inyección intravenosa en ratón de un dendrímero nanoscópico altamente ramificado, modificado con transferrina y PEG (un polímero hidrofílico que aumenta la biocompatibilidad del vector) (PAMAM-PEG-Tf), induce una mayor expresión cerebral (casi el doble con respecto a otros vectores dendriméricos) de un gen exógeno encapsulado en dicho vector (Huang, 2007: 1117-1125). No obstante, la aplicación de los diferentes protocolos de transferencia ha estado limitada por la vida media de la proteína en circulación, por la necesidad de inyecciones repetidas o por los bajos rendimientos de transferencia conseguidos en el cerebro. Pero sigue habiendo mucha investigación para dar solución a estas cuestiones.

Recientemente se ha descrito la capacidad de un vector viral [un vector adenoasociado tipo 9 (AAV9)] de atravesar la BHE tras infusión intravenosa (tanto en ratones neonatos como adultos) y transducir amplias regiones del cerebro y de la médula espinal (Foust, 2009: 59-65). Los resultados conseguidos son de gran relevancia, dado el añejo interés por desarrollar vectores que pudiesen cruzar la BHE. De esta manera, la inyección intravenosa de AAV9 en animales neonatos producía un patrón de infección predominantemente neuronal, mientras que en animales adultos dicha inyección afectaba a las células gliales (fundamentalmente astrocitos). Es interesante resaltar que la transducción de células gliales mediada por AAV9 sólo se observaba después de la infusión intravenosa, mientras que la inyección directa en el parénquima cerebral inducía el patrón de infección neuronal clásico. ¿Por qué la transducción glial depende de la ruta de administración? Es posible que los receptores de AAV9 sean expresados sólo en los pies de astrocitos que cubren los vasos sanguíneos cerebrales, restringiendo, por ello, el acceso a las neuronas (Abbott, 2005: 5-23).

119

Incluso si pudiera abrirse la BHE en el adulto por vía farmacológica, se esperaría aún que las partículas de AAV de 80 nm no la crucen, impidiéndose el libre acceso a receptores potenciales de AAV en el parénquima cerebral (Manfredsson, 2009: 403-405).

El empleo de AAV9 puede tener importantes implicaciones para el tratamiento de varias enfermedades que afectan a extensas áreas del SNC. Entre éstas se encuentran la esclerosis lateral amiotrófica, la enfermedad de Parkinson y la enfermedad de Alzheimer.

Las estrategias actuales de terapia génica de enfermedades neurodegenerativas emplean vectores constitutivos no regulables, por lo que en todos los casos la expresión del transgén, una vez introducido éste en el organismo, escapa a todo control externo -terapia génica no regulable (TGnr)-. Es cierto que con frecuencia los estudios animales muestran que las respuestas terapéuticas inducidas por la TGnr se alcanzan con dosis netamente inferiores a aquellas capaces de inducir efectos colaterales indeseables. De hecho, en las terapias génicas actualmente en ensayos clínicos para la enfermedad de Parkinson, las dosis con las que se pretenden obtener respuestas terapéuticas son netamente inferiores a aquellas para las cuales se

esperarían efectos colaterales indeseables, lo cual sugiere un perfil de seguridad aceptable incluso cuando se emplean vectores constitutivos no regulables (aunque la evidencia disponible en humanos sólo consta de muestras relativamente pequeñas de pacientes que sólo han podido ser seguidos durante cortos períodos tras el tratamiento).

A partir de estas consideraciones, y teniendo en cuenta que la extensa información disponible sobre AAV2 (el vector base a partir del que se desarrollaron los restantes serotipos de vectores adenoasociados) evidencia baja toxicidad, la falta de promotores regulables que se hayan probado como seguros y efectivos en pacientes, y las necesidades clínicas apremiantes de numerosas enfermedades neurológicas, algunos autores han sugerido que el uso de vectores regulables para la terapia génica humana es innecesario, y podría resultar incluso inadecuado y hasta potencialmente peligroso (Kordower, 2008: 34-40). Otros autores, no obstante, defienden la necesidad de utilizar promotores regulables siempre que sea posible, permitiendo así un control permanente de la expresión del transgén y que impida la aparición de daños imprevistos (Cress, 2008: 30-33). Existe poca información sobre las consecuencias de la sobreexpresión sostenida (de meses a años) o inespecífica (neuronas y glía) de genes particulares, lo cual es especialmente relevante en el caso de proteínas que, como los factores neurotróficos, disponen de receptores ampliamente distribuidos por el SNC. Por ello, es previsible que en los próximos años los ensayos clínicos de terapia génica comiencen a utilizar vectores regulables - terapia génica regulable (TGr)- (Cress, 2008: 30-33), lo cual permitiría ajustar la expresión del transgén hasta alcanzar su máxima eficacia biológica con el menor riesgo de efectos adversos. Además de suponer un mecanismo de seguridad contra la sobreexpresión descontrolada, la regulación de la actividad del transgén podría permitir una flexibilidad en el control de la respuesta terapéutica, difícilmente alcanzable por otros procedimientos.

120

Las condiciones clínicas de muchos pacientes neurológicos habitualmente cambian con el curso de la enfermedad (Collier, 2007: 56-65), con lo que el ajuste de la dosis de TGr podría resultar clave para su utilidad a largo plazo. Dado que en un número elevado de casos el grado de la lesión es específico para cada paciente, la respuesta a la terapia génica podría variar notablemente entre los distintos pacientes, por lo que la incorporación de un mecanismo a prueba de fallos (en este caso de un vector regulable) podría resultar crítica para el tratamiento de algunos pacientes. Con el desarrollo de biomarcadores podrían comenzar a tratarse enfermedades neurodegenerativas antes de la aparición de sus primeros síntomas. Un sistema regulable posibilitaría el desarrollo de una sola construcción génica, cuya expresión podría ajustarse a las necesidades cambiantes de cada paciente. Además, se están desarrollando sistemas avanzados que permiten la regulación de múltiples transgenes introducidos en el mismo vector y controlados independientemente por diferentes agentes inductores. Con ello se podría desarrollar una TGr compleja, en la que múltiples transgenes (por ejemplo, para varios factores neurotróficos) podrían actuar sinérgicamente sobre distintas dianas terapéuticas. A pesar de las numerosas ventajas potenciales de la TGr, su uso clínico precisa aún de estudios básicos pormenorizados. Por tanto, hay retos pendientes de resolver antes de que la TGr pueda convertirse en una herramienta terapéutica eficiente y segura.

4. El horizonte de la terapia génica

La terapia génica genera mucho debate en todos los ámbitos de la sociedad (políticos, religiosos, jurídicos...) e inquieta al público, debido a numerosas cuestiones éticas. La revolucionaria idea de la terapia génica ofrece la oportunidad de curar enfermedades actualmente incurables, pero al mismo tiempo despierta preocupaciones en el concepto y en su práctica, haciendo que muchos cuestionen sus beneficios. De hecho, consideran que el conocimiento actual no es lo suficientemente bueno como para convencer al mundo de que es un método seguro y efectivo de tratamiento. Sin embargo, la terapia génica ofrece más esperanza que ningún otro tratamiento médico y, por esta razón, no debe darse la espalda a la idea. Como todas las terapias novedosas, la terapia génica cuenta con historias de fracaso, pero también de éxito. El caso más conocido de fracaso es el de Jesse Gelsinger, un paciente con una deficiencia en ornitina transcarbamilasa que falleció en septiembre de 1999, a los 18 años de edad, debido a que en el ensayo clínico hubo complicaciones diversas que llevaron a un fallo multisistémico (Somia, 2000: 91-99; Yarborough, 2009: 4-5). El factor más importante en el desarrollo de la terapia génica es el hecho de que, para los trastornos genéticos, hay sólo una forma de curar la enfermedad: reemplazar el gen defectuoso con una copia sana -y por lo tanto, la terapia génica es la única esperanza de encontrar curas para tales desórdenes. Ha habido también éxitos, en especial para algunas de las enfermedades genéticas asociadas a la visión, en las inmunodeficiencias y otras enfermedades de la sangre, y en algunos tipos de cáncer (Kay, 2011: 316-328; Liu, 2011: 487-495). El uso de la terapia génica en enfermedades metabólicas, cardiovasculares y neurodegenerativas es también prometedor (Greenberg, 2011: 279-281; Kay, 2011: 316-328; LeWitt, 2011: 309-319; Mandel, 2010: 240-247).

121

Según la base de datos de Wiley-InterScience de 2011,³ de un total de 1714 ensayos clínicos de terapia génica registrados, Estados Unidos representa casi el 64% de los mismos, seguido del Reino Unido (11,5%), Alemania (4,6%), Suiza (2,9%) y Francia (2,6%).⁴ El resto de países, como Australia, Holanda, Bélgica, Canadá y China, no superó el 2% de los ensayos clínicos. En cuanto a las patologías abordadas, las enfermedades cancerosas supusieron un 64,6% de los ensayos clínicos de terapia génica, seguido de las enfermedades cardiovasculares (8,5%), las enfermedades monogénicas (8,3%), enfermedades infecciosas (8,1%) y enfermedades neurológicas (2%). Las enfermedades oculares e inflamatorias constituyeron menos del 2%. Es importante señalar que de todos los vectores empleados en ensayos clínicos, los vectores adenovirales representan un 24,2%, los retrovirus un 20,7%, los vectores de virus adenoasociados un 4,7%, los de virus herpes simplex un 3,3%, y los vectores lentivirales un 2,3%. La administración de

3. Véase www.wiley.com/legacy/wileychi/genmed/clinical/.

4. Los ensayos clínicos son evaluaciones experimentales de un producto, sustancia, medicamento, técnica diagnóstica o terapéutica que, en su aplicación a seres humanos, pretende valorar su eficacia y seguridad.

ADN desnudo circular (18,7%) y la lipofección (6,4%) fue la categoría de vectores no virales más utilizada en los ensayos clínicos de terapia génica. Cabe indicar también cuáles fueron los tipos de genes transferidos en dichos ensayos: un 20,7% de los mismos fueron antígenos, seguido de citoquinas (18,5%), supresores tumorales (8,8%), genes de suicidio celular (8,4%) y factores de crecimiento (7,5%), entre otros.⁵ Sin embargo, un 60,7% de los ensayos clínicos de terapia génica comenzaron la fase I, apenas un 3,5% de ellos alcanzaron la fase III, y un 0,1% llegó a la fase IV (sólo dos ensayos), es decir, el seguimiento que se realiza tras su comercialización.

A pesar del escaso porcentaje de ensayos clínicos con capacidad de llegar al público, el desarrollo de nuevos biomateriales y vectores para terapia génica es exponencial. El dogma básico es que los vectores no-virales son menos eficientes pero más seguros. Sin embargo, los vectores virales van ganando cada vez más en seguridad y no-inmunogenicidad (es decir, no generación de respuesta inmune), y los vectores no virales empiezan a asemejarse a los virus, para hacerse más eficientes.

Una vez superados los obstáculos técnicos de la terapia génica, hay temor y preocupación porque la línea entre mejoramiento/refinamiento y terapia termine por desaparecer, y sesgue la percepción de la sociedad de lo que se considera "normal". Es decir, que ya no sea suficiente tratar y curar un proceso tumoral o una enfermedad neurodegenerativa, sino que se plantee también una terapia génica de la estatura, de mejoramiento visual, de actualización de la memoria... y de lo que la imaginación alcance. Qué duda cabe que estas cuestiones suscitan un debate filosófico, ético, político y social importante, al cual deberá darse una respuesta legislativa amparada en un planteamiento profundo de hacia dónde debe evolucionar el ser humano, sin menoscabo de sus derechos universales.

Pero siempre hay que preguntarse si para una condición patológica determinada es justificable la aplicación de una terapia génica. Por poner un ejemplo, para detener la hemorragia en los hemofílicos es necesario realizar transfusiones o inyectar plasma que contenga el factor de coagulación que les falta. Vemos que es plausible dicha intervención terapéutica porque: 1) es una patología crónica; 2) el tratamiento convencional es incómodo (vía intravenosa); 3) se precisa administrar factor de coagulación muy periódicamente; 4) los protocolos de profilaxis en niños, sobre todo, pero también en adultos, precisan hasta tres perfusiones por semana; 5) el tratamiento exógeno puede conllevar riesgos fatales; 6) el tratamiento exógeno puede alterar de forma muy significativa el estado inmunológico del paciente; 7) el tratamiento es muy costoso.

En cualquier protocolo de terapia génica hay que considerar cuatro aspectos básicos: la eficiencia, la especificidad, la persistencia y la toxicidad de la transferencia génica. De igual manera, debe disponerse de un conocimiento profundo de las cuestiones esenciales, como son: qué enfermedad se va a tratar, qué gene/s administramos, qué vector es el más adecuado, cuál es el órgano diana, y qué tipo

5. Citoquinas: conjunto de proteínas que regulan interacciones de las células del sistema inmune.

de administración emplearemos. Todo ello sin olvidar que no sólo el genoma determina el estado de salud, pues cabe preguntarse por qué los gemelos tienen distinta susceptibilidad a las enfermedades si su dotación genética es idéntica. La epigenética es el estudio de los cambios heredables en la función génica que se producen sin un cambio en la secuencias de bases del ADN. Por tanto, puede considerarse un intérprete entre el ambiente y los genes, siendo responsable de que el material genético pueda responder a los cambios ambientales sin variar la información que contiene.

La *National Science Foundation* de Estados Unidos anunciaba en 2004 novedades espectaculares para los próximos 20 años, y remarcaba que se podrá hacer todo lo que la mente humana pueda concebir y más. Solamente con que se lleve a cabo una fracción de las expectativas posibles, la nanotecnología cambiará el mundo en una escala sin precedente en la historia humana. No asoman dudas si uno repasa algunas noticias relacionadas con las aplicaciones nanotecnológicas. Por ejemplo, en enero de 2009 el departamento de Inmunología e Investigación celular de la Universidad de TelAviv publicaba en la revista *Science* los planos de un Nanosubmarino médico, así como un mapa de su inminente viaje inaugural, con capacidad para ser probado en humanos. Mientras los submarinos flotan por el cuerpo, se pegan a las células objetivo y administran un fármaco basado en el ARN interferente (ARNi). Este nuevo tipo de fármaco puede afectar al mecanismo de ARN defectuoso y reprogramar las células para que funcionen normalmente. Así, se consigue que el ARNi restituya la salud a las células enfermas o haga que las células mueran (como en las células cancerosas). Además, será posible dirigir los nanosubmarinos médicos, controlados por ordenador, hacia diferentes patologías, como el cáncer, la inflamación y las enfermedades neurodegenerativas.

123

Dejando a un lado lo que hasta ahora no dejan de ser noticias médicas sensacionalistas, y a efectos prácticos, queda aún mucho trabajo por hacer. Si estuviésemos hoy en una hipotética consulta médica para un tratamiento de terapia génica y el terapeuta nos preguntara por la elección de una terapia génica con un vector viral o no viral, es fácil imaginar la respuesta. En la frontera inmediata existe un gran reto educativo. En varias universidades ya hay departamentos clínicos de nanociencia, en los que confluyen la física, biología, ingeniería y medicina clínica. El vector ideal para un tratamiento clínico eficiente, seguro y económicamente accesible sólo vendrá del esfuerzo colaborativo entre diferentes profesionales. Dicho vector deberá cumplir los siguientes criterios: 1) que pueda obtenerse a elevada concentración o título; 2) que haya un método fácil y reproducible para su producción; 3) que introduzca el transgén de una manera precisa y estable; 4) que no genere una respuesta inmune en el hospedador; 5) que el transgén pueda ser sometido a regulación externa; 6) que el vector pueda actuar en tipos celulares específicos.

A la revolución de la biología molecular, iniciada en 1953 con el desciframiento de la molécula de ADN, hay que añadir la emergencia en 1976 del sector biotecnológico con la creación de la compañía *Genentech*. Hacia finales de los 80 del siglo pasado se inicia la revolución genómica, que condujo en 2001 al desciframiento del genoma humano por la compañía *Celera*. A mediados de la primera década del presente siglo, los sectores académicos empiezan a explorar la convergencia entre varias

tecnologías, comenzando entonces otra revolución, la de la convergencia. No cabe duda que en el siglo XX hemos desarrollado especialmente una gran capacidad científica y tecnológica. Sin embargo, podríamos preguntarnos a quién sirve realmente la ciencia y la técnica, y por qué se ha llegado a la situación actual de deterioro del ser humano y del planeta. ¿Qué se está haciendo mal? ¿Qué le falta completar a este desarrollo científico y técnico para poder realmente hablar de un progreso en la humanidad?

A modo de reflexión final, no quisiera terminar sin plantear el observable desajuste entre las necesidades humanas y la innovación científica. Evidentemente, la innovación científica carece de sentido si la gente marginada no puede acceder a los tratamientos o a las tecnologías existentes en la actualidad. Naciones Unidas considera a la nanotecnología como una herramienta importante para lograr sus *Objetivos de Desarrollo del Milenio* (ODM), adoptados en septiembre del 2000. Éstos eran un compromiso que firmaron unánimemente los 189 países de las Naciones Unidas. Con ellos se comprometían, en nombre de la humanidad, a erradicar el hambre y la pobreza, y a garantizar la salud y la sustentabilidad ambiental, hacia el 2015. Pero el informe que cada año emite Naciones Unidas sobre cómo se van cumpliendo los ODM es desalentador, a pesar del creciente desembolso económico para ayuda humanitaria. El Sur global da cuenta de más del 80% de la población, pero únicamente del 10% de las ventas de medicamentos. América del Norte, Europa y Japón cuentan con más de un 85% del mercado farmacéutico global, mientras que en 2005 África tenía acceso a sólo un 1,1% de dicho mercado. Es también sorprendente que el 90% de la investigación y el desarrollo en salud se dedica a patologías que afectan tan sólo al 10% de la población mundial. Es por estos datos por los que antes me he referido al deterioro del ser humano. Los analistas apuntan que los sistemas de suministro de fármacos habilitados con nanotecnología propiciarán que se garanticen y prolonguen las patentes exclusivas, monopólicas, que cubren los compuestos medicamentosos ya existentes. Según *NanoMarkets*, esto puede incrementar la rentabilidad, expandir el acopio de propiedad intelectual de una firma y desalentar a la competencia durante los años más valiosos de un medicamento.

Es sabido que los intereses económicos y monetarios siguen estando por encima del ser humano, de la humanidad y del bienestar común. Hoy hemos apartado al ser humano de la vida, y sólo rige el mundo el beneficio económico. Hemos separado la economía de la actividad cotidiana, y hemos dejado las decisiones de la vida cotidiana en manos de la política, de las grandes empresas, etc. Por ejemplo, es evidente que es el capital el que está dirigiendo hoy día las políticas de los países occidentales. La crisis actual no es económica, es una crisis de ética, de valores y de sentido de la existencia. Hemos separado radicalmente las convicciones, los ideales, las vivencias, del proceso económico. Pero el desarrollo científico y tecnológico debe estar al nivel del desarrollo de la conciencia, y ésta, como comentaba José Saramago, constituye la mejor alternativa contra la uniformidad, el pensamiento único y el neoliberalismo.

Conclusiones

El desarrollo de nuevos serotipos de vectores adenoasociados con capacidad de transducir células del SNC tras ser inyectados periféricamente y de una gama de nanopartículas funcionalizadas con capacidad también de cruzar la BHE está teniendo un importante impacto en el desarrollo y uso de herramientas terapéuticas más seguras y eficientes. Habiéndose cruzado el Rubicón, se esperan alcanzar los siguientes retos: por ejemplo, producir vectores eficientes con promotores regulables, reducir la transducción de órganos periféricos, dirigir los vectores a poblaciones neuronales y gliales concretas, y demostrar la reversión de varias enfermedades cerebrales. La administración de medicamentos terapéuticos para el tratamiento de trastornos del SNC es un problema común compartido por farmacólogos y terapeutas de genes, pero el campo de la transferencia génica no invasiva en el SNC puede encontrarse al borde de un excitante paso adelante. En el horizonte de la terapia génica se abre la nanotecnología con el desarrollo de nuevos materiales y la formación de vectores híbridos que mejoren la eficiencia y selectividad. La administración de genes reparados o la sustitución de genes incorrectos son campos en los que los objetos a nanoescala podrían introducirse con éxito, pero sin olvidar el equilibrio que debe haber entre necesidades humanas, innovación científica y conciencia global.

Bibliografía

ABBOTT, N. J. (2005): "Dynamics of CNS barriers: evolution, differentiation, and modulation", *Cell Mol Neurobiol*, vol. 25, nº1, pp. 5-23.

BICKEL, U., YOSHIKAWA, T. y PARDRIDGE, W. M. (2001): "Delivery of peptides and proteins through the blood-brain barrier", *Adv Drug Deliv Rev*, vol. 46, nº 1-3, pp. 247-279.

COHEN, H., LEVY, R. J., GAO, J., FISHBEIN, I., KOUSAEV, V., SOSNOWSKI, S., SLOMKOWSKI, S. y GOLOMB, G. (2000): "Sustained delivery and expression of DNA encapsulated in polymeric nanoparticles", *Gene Ther.*, vol. 7, nº 22, pp. 1896-1905.

COLLIER, T. J., LIPTON, J., DALEY, B. F., PALFI, S., CHU, Y., SORTWELL, C., BAKAY, R. A., SLADEK JR, J. R. y KORDOWER, J. H. (2007): "Aging-related changes in the nigrostriatal dopamine system and the response to MPTP in nonhuman primates: diminished compensatory mechanisms as a prelude to parkinsonism", *Neurobiol Dis.*, vol. 26, nº 1, pp. 56-65.

CONWELL, C. C. y HUANG, L. (2005): "Recent advances in non-viral gene delivery", *Adv. Genet.*, vol. 53, pp. 3-18.

CRESS, D. E. (2008): "The need for regulatable vectors for gene therapy for Parkinson's disease", *Exp. Neurol.*, vol. 209, nº 1, pp. 30-33.

ESSNER, J. J., MCIVOR, R. S. y HACKETT, P. B. (2005): "Awakening gene therapy with sleeping beauty transposons", *Curr. Opin. Pharmacol.*, vol. 5, n° 5, pp. 513-519.

FANG, B. C., DAWSON, M., LAI, S. K., WANG, Y. Y., SUK, J. S., YANG, M., ZEITLIN, P., BOYLE, M. P., FU, J. y HANES, J. (2009): "Biodegradable polymer nanoparticles that rapidly penetrate the human mucus barrier", *Proc Natl Acad Sci USA*, vol. 106, n° 46, pp. 19268-19273.

FOLEY, S., CROWLEY, C., SMAIHI, M., BONFILS, C., ERLANGER, B. F., SETA, P. y LARROQUE, C. (2002): "Cellular localisation of a water-soluble fullerene derivative", *Biochem Biophys Res Commun.*, vol. 294, n° 1, pp. 116-119.

FOUST, K. D., NURRE, E., MONTGOMERY, C. L., HERNÁNDEZ, A., CHAN, C. M. y KASPAR, B. K. (2009): "Intravascular AAV9 preferentially targets neonatal neurons and adult astrocytes", *Nat Biotechnol*, vol. 27, n° 1, pp. 59-65.

GREENBERG, A. J., MCCORMICK, J., TAPIA, C. J. y WINDEBANK, A. J. (2011): "Translating gene transfer: a stalled effort", *Clin Transl Sci.*, vol. 4, n° 4, pp. 279-281.

HUANG, R. Q., QU, Y. H., KE, W. L., ZHU, J. H., PEI, Y. Y. y JIANG, C. (2007): "Efficient gene delivery targeted to the brain using a transferrin-conjugated polyethyleneglycol-modified polyamidoamine dendrimer", *FASEB J.*, vol. 21, n° 4, pp. 1117-1125.

126

JAIN, N. K. y GUPTA, U. (2008): "Application of dendrimer-drug complexation in the enhancement of drug solubility and bioavailability". *Expert Opin Drug Metab Toxicol*, vol. 4, n° 8, pp. 1035-1052.

JEFFERIES, W. A., BRANDON, M. R., HUNT, S. V., WILLIAMS, A. F., GATTER, K. C. y MASON, D. Y. (1984): "Transferrin receptor on endothelium of brain capillaries", *Nature*, vol. 312, n° 5990, pp. 162-163.

KAISER, J. (2002): "Gene therapy. RAC's advice: proceed with caution", *Science*, vol. 298, n° 5601, pp. 2113-2115.

KANG, H., DELONG, R., FISHER, M. H. y JULIANO, R. L. (2005): "Tat-conjugated PAMAM dendrimers as delivery agents for antisense and siRNA oligonucleotides", *Pharm Res*, vol. 22, n° 12, pp. 2099-2106.

KAY, M. A. (2011): "State-of-the-art gene-based therapies: the road ahead". *Nat Rev Genet*, vol. 12, n° 5, pp. 316-328.

KIM, T. I., SEO, H. J., CHOI, J. S., JANG, H. S., BAEK, J. U., KIM, K. y PARK, J. S. (2004): "PAMAM-PEG-PAMAM: novel triblock copolymer as a biocompatible and efficient gene delivery carrier", *Biomacromolecules*, vol. 5, n° 6, pp. 2487-2492.

KORDOWER, J. H. y OLANOW, C. W. (2008): "Regulatable promoters and gene therapy for Parkinson's disease: is the only thing to fear, fear itself?" *Exp Neurol*, vol. 209, n° 1, pp. 34-40.

KREUTER, J., RAMGE, P., PETROV, V., HAMM, S., GELPERINA, S. E., ENGELHARDT, B., ALYAUDIN, R., VON BRIESEN, H. y BEGLEY, D. J. (2003): "Direct evidence that polysorbate-80-coated poly(butylcyanoacrylate) nanoparticles deliver drugs to the CNS via specific mechanisms requiring prior binding of drug to the nanoparticles", *Pharm Res*, vol. 20, n° 3, pp. 409-416.

LAVAN, D. A., MCGUIRE, T. y LANGER, R. (2003): "Small-scale systems for in vivo drug delivery", *Nat Biotechnol*, vol. 21, n° 10, pp. 1184-1191.

LEWITT, P. A., REZAI, A. R., LEEHEY, M. A., OJEMANN, S. G., FLAHERTY, A. W., ESKANDAR, E. N., KOSTYK, S. K., THOMAS, K., SARKAR, A., SIDDIQUI, M. S., TATTER, S. B., SCHWALB, J. M., POSTON, K. L., HENDERSON, J. M., KURLAN, R. M., RICHARD, I. H., VAN METER, L., SAPAN, C. V., DURING, M. J., KAPLITT, M. G. y FEIGIN, A. (2011): "AAV2-GAD gene therapy for advanced Parkinson's disease: a double-blind, sham-surgery controlled, randomised trial", *Lancet Neurology*, vol. 10, n° 4, pp. 309-319.

LIU, M. M., TUO, J. y CHAN, C. C. (2011): "Republished review: Gene therapy for ocular diseases", *Postgrad Med J*, vol. 87, n° 1029, pp. 487-495.

LOCH-NECKEL, G. y KOEPP, J. (2010): "La barrera hematoencefálica y la administración de medicamentos en el sistema nervioso central", *Rev Neurol*, vol. 51, n° 3, pp. 165-174.

LUO, D. y SALTZMAN, W. M. (2000): "Enhancement of transfection by physical concentration of DNA at the cell surface", *Nat Biotechnol*, vol. 18, n° 8, pp. 893-895.

MANDEL, R. J. (2010): "CERE-110, an adeno-associated virus-based gene delivery vector expressing human nerve growth factor for the treatment of Alzheimer's disease", *Curr Opin Mol Ther*, vol. 12, n° 2, pp. 240-247.

MANFREDSSON, F. P., RISING, A. C. y MANDEL, R. J. (2009): "AAV9: a potential blood-brain barrier buster", *Mol Ther*, vol. 17, n° 3, pp. 403-405.

MEJÍA-TOIBER, J., CASTILLO, C. G. y GIORDANO, M. (2009): "Terapia celular y terapia génica ex vivo: avances en el tratamiento de enfermedades del sistema nervioso central", *Rev Neurol*, vol. 49, n° 9, pp. 483-489.

NAHAR, M., DUTTA, T., MURUGESAN, S., ASTHANA, A., MISHRA, D., RAJKUMAR, V., TARE, M., SARAF, S. y JAIN, N. K. (2006): "Functional polymeric nanoparticles: an efficient and promising tool for active delivery of bioactives", *Crit Rev Ther Drug Carrier Syst*, vol. 23, n° 4, pp. 259-318.

PATHAK, A., PATNAIK, S. y GUPTA, K. C. (2009): "Recent trends in non-viral vector-mediated gene delivery", *Biotechnol J*, vol. 4, n° 11, pp.1559-1572.

SAHOO, S. K. y LABHASETWAR, V. (2003): "Nanotech approaches to drug delivery and imaging", *Drug Discov Today*, vol. 8, n° 24, pp. 1112-1120.

SCHLAGETER, K. E., MOLNAR, P., LAPIN, G. D. y GROOTHUIS, D. R. (1999): "Microvessel organization and structure in experimental brain tumors: microvessel populations with distinctive structural and functional properties", *Microvasc Res*, vol. 58, n° 3, pp. 312-328.

SELVI, B. R., JAGADEESAN, D., SUMA, B. S., NAGASHANKAR, G., ARIF, M., BALASUBRAMANYAM, K., ESWARAMOORTHY, M. y KUNDU. T. K. (2008): "Intrinsically fluorescent carbon nanospheres as a nuclear targeting vector: delivery of membrane impermeable molecule to modulate gene expression in vivo", *Nano Lett*, vol. 8, n° 10, pp. 3182-3188.

SOMIA, N. y VERMA, I. M. (2000): "Gene Therapy: trials and tribulations", *Nature Rev Genetics*, vol.1, n° 2, pp. 91-99.

SOPPIMATH, K. S., AMINABHAVI, T. M., KULKARNI, A. R. y RUDZINSKI, W. E. (2001): "Biodegradable polymeric nanoparticles as drug delivery devices", *J Control Release*, vol. 70, n° 1-2, pp.1-20.

TENENBAUM, L., CHTARTO, A., LEHTONEN, E., BLUM, D., BAEKELANDT, V., VELU, T., BROTCHE, J. y LEVIVIER, M. (2002): "Neuroprotective gene therapy for Parkinson's disease", *Curr Gene Ther*, vol. 2, n° 4, pp. 451-483.

THOMAS, C.E., EHRHARDT, A. y KAY, M.A. (2003): "Progress and problems with the use of viral vectors for gene therapy", *Nat Rev Genet*, vol. 4, n° 5, pp. 346-358.

128

WONG-EKKABUT, J., BAOUKINA, S., TRIAMPO, W., TANG, I. M., TIELEMAN, D. P. y MONTICELLI, L. (2008): "Computer simulation study of fullerene translocation through lipid membranes", *Nat Nanotechnol*, vol. 3, n° 6, pp. 363-368.

YARBOROUGH, M. y SHARP, R. R. (2009): "Public trust and research a decade later: what have we learned since Jesse Gelsinger's death?" *Mol Genet Metab*, vol. 97, n° 1, pp. 4-5.

ZHANG, Y., CALON, F., ZHU, C., BOADO, R. J. y PARDRIDGE, W. M. (2003): "Intravenous nonviral gene therapy causes normalization of striatal tyrosine hydroxylase and reversal of motor impairment in experimental parkinsonism", *Hum Gene Ther*, vol.14, n° 1, pp. 1-12.

ZHANG, Y., JEONG LEE, H., BOADO, R. J. y PARDRIDGE, W. M. (2002): "Receptor mediated delivery of an antisense gene to human brain cancer cells", *J Gene Med*, vol. 4, n° 2, pp. 183-194.

ZHANG, Y. y PARDRIDGE, W. M. (2009): "Near complete rescue of experimental Parkinson's disease with intravenous, non-viral GDNF gene therapy", *Pharm. Res*, vol. 26, n° 5, pp. 1059-1063.

El riesgo moral: los límites de la vida humana y la democratización de la ética

Moral risk: the limits of human life and the democratization of ethics

Gabriel Bello Reguera *

El riesgo moral es el hecho de estar expuestos a que una acción, una práctica o conducta salga mal en sentido moral, no técnico. Este trabajo reflexiona sobre el riesgo moral producido por las nuevas prácticas biotecnológicas. La bioética (o ética de la vida humana) se enfrenta a dilemas morales producidos por la capacidad técnica de las nuevas tecnologías. Para ello, se debe situar correctamente el debate entre la biología precientífica y la biología científica, buscando modos democráticos de dirimir las controversias generadas. Del análisis de la fuerza o poder performativo del lenguaje, cabe concluir que lo performado es la identidad humana como identidad moral, diferenciada de su identidad biológica o genómica. Dicho de otro modo: la humanidad como norma moral de sí misma, como línea roja ética que opera de criterio para valorar o evaluar -mediante juicios de valor positivos o negativos- las acciones, prácticas, conductas, instituciones y personas que afectan a la humanidad de otros seres humanos y, de este modo, elegir entre unas y otras. Ahora bien, como estas valoraciones están cargadas de significación y efectividad políticas, el poder performativo del lenguaje puede ser caracterizado no sólo como bioético (o bioética), sino también como biopolítico (o biopolítica).

129

Palabras clave: riesgo moral, vida, democratización, bioética

Moral risk occurs when one is exposed to an action, practice or behaviour that turns out poorly in the moral (and not technical) sense. This work reflects on the moral risk produced by new biotechnological practices. Bioethics (or ethics of human life) deals with the moral dilemmas produced by the technical capacity of new technologies. To do so, the debate between pre-scientific biology and scientific biology must be properly framed, searching for democratic ways to mediate the controversies that arise. From the analysis of the performative power or force of language, it can be concluded that the performed is the human identity as a moral one, differentiated from its biological or genetic identity. In another words: humanity as its own moral norm, as an ethical redline which serves as a criterion to evaluate -through positive or negative value judgements- the actions, practices, conducts, institutions and people who affect the humanity of other human beings and, in this way, choose between them. As these evaluations are charged with political meaning and effectiveness, the performative power of language can be characterised not only as bioethical (or bioethics), but also as biopolitical (or biopolitics).

Key words: moral risk, life, democratization, bioethics

* Catedrático de Filosofía Moral, Facultad de Filosofía de la Universidad de La Laguna, Tenerife. Correo electrónico: gabello@ull.es.

1. El riesgo moral y nosotros

El riesgo moral es el hecho de estar expuestos a que una acción, una práctica o conducta salga mal en sentido moral, no técnico. Estar expuestos, pues, a hacer el mal de modo intencionado y consciente, desde la libertad y la responsabilidad (mal radical o demoníaco), o bien de forma no intencionada o inconsciente (mal banal o “efecto colateral”). En el primer caso el malhechor conoce el juicio moral negativo de que es objeto la acción, práctica o conducta a realizar, pero aun así decide llevarla a cabo; en el segundo, el malhechor padece un error de juicio. En ambos, el efecto final es el fracaso moral del arriesgado, el agente, signifique lo que signifique esa expresión. En todo caso, la identificación o determinación del fracaso exige contar con criterios bien definidos en la comunidad moral en la que haya tenido lugar el comportamiento objeto del juicio moral negativo: reglas o normas morales claras y distintas aceptadas en general. En caso contrario -la existencia de más de un código moral en funcionamiento- los criterios éticos se pluralizan y el fracaso se relativiza hasta el punto de que un fracaso moral en un contexto dado, puede ser un éxito en otro diferente. Por ejemplo, la violencia que puede ser definida, según el contexto, como terrorismo o como guerra justa; en el primer caso es vista como un fracaso, en el segundo, como un éxito. O el aborto y la eutanasia: en las comunidades religiosas constituyen un fracaso absoluto, mientras que en las laicas son un éxito relativo.

La relativización de los criterios morales abre una encrucijada que domina hoy gran parte de la teoría ética. Por un lado, parece ser la que configura hoy la percepción moral de la humanidad, dado el desprestigio crítico de cualquier absolutismo por sus connotaciones autoritarias y totalitarias, así como la connivencia del universalismo con el imperialismo (Bello Reguera, 2011). Por otro lado, en cambio, su efecto inmediato parece ser la pérdida de la exigencia fuerte e inapelable de mantener la guardia ante el riesgo y el fracaso morales en los diversos ámbitos de la vida social, política y cultural. Conviene, por lo tanto, aclarar un poco más la situación mediante la distinción entre relatividad y relativismo. El relativismo consiste, en líneas generales, en que los criterios y los juicios morales son relativos a los diversos contextos históricos y culturales, de lo cual se deduce que pueden ser contradictorios entre sí: por ejemplo la mutilación genital femenina es juzgada positivamente en ciertas sociedades africanas y negativamente en la nuestra. La relatividad, por su parte, mantiene la contextualización de los criterios y juicios morales pero añade un elemento: la recontextualización (Rorty, 1996: 131), que permite redefinir o redescubrir los límites y fronteras que delimitan un contexto dado y, con ellos, los criterios y los juicios morales que incluye.

Ahora bien, la redefinición o redescubrimiento de nuestros contextos morales es la redefinición o redescubrimiento de nuestras identidades morales, de nuestras humanidades y, a fin de cuentas, de nosotros mismos. Y esto es, a juicio del filósofo norteamericano Richard Rorty, “lo más importante que podemos hacer” (Rorty, 1983: 223), afirmación que roza la paradoja porque concede a la relatividad de nuestras prácticas lingüísticas la significación moral más valiosa a la que podemos aspirar en comparación con cualesquiera otras. Al tratarse de re-descripción (y no “descripción”) implica repetición y la repetición temporalidad que cancela la vieja figura de la definición metafísica, idealista, esencialista o naturalista como referente único y último

de nosotros mismos: de nuestra identidad humana o humanidad. La redescipción no nos proporciona un “nosotros” único encerrado en una identidad última e inmodificable. Se trata, más bien, de un procedimiento que no permite trazar el límite o frontera que define el interior y el exterior de nuestra identidad -nosotros mismos- según la lógica idealista de las ideas rígidamente claras y rígidamente distintas o diferenciadas. De todo lo cual se sigue que carece de sentido una autoridad intelectual, moral o política capaz de llevarlo a cabo, a no ser una que lo imponga por la violencia física o simbólica.

Todo lo cual aproxima la relatividad de nuestras prácticas lingüísticas de redefinición y redescipción a lo que, según algunos sociólogos de la globalización, es la *condición líquida* del mundo actual: de sus límites o fronteras territoriales, conceptuales o normativas, definida en oposición a la solidez de los valores, los principios y las normas morales a los que estamos más o menos acostumbrados (Bauman, 2007). Pues bien, este marco teórico, entre filosófico y sociológico, puede ser visto como la Caja de Pandora de los riesgos y los fracasos morales a los que nos exponemos al no disponer de límites y fronteras morales únicas y universales regidas por el binarismo moral clásico que delimita el bien del mal de una vez para siempre.

2. El riesgo moral y las prácticas biotecnológicas

Uno de estos ámbitos en los que el riesgo moral está hoy al rojo vivo es el de la bio-ética, la ética de la vida humana en su acepción biológica: evolutiva, ecológica, genética y neurológica diferenciada de la (supuesta) vida del espíritu, el alma o la mente que constituía el objeto preferente de la ética tradicional. Una vida, la corporal u orgánica, cuyos riesgos morales afectan a su nacimiento (formas de nacer), a su muerte (formas de morir) y a su transcurso más o menos saludable (formas de vivir más o menos medicalizadas). O a la composición misma de la vida humana o humanidad: si un embrión o un feto menor de 14 semanas, o un enfermo terminal en estado vegetativo, se componen de los mismos elementos que la vida humana de feto de 30 semanas, un niño de tres años o un adulto de 24, 38 o 47 años. De esta composición puede depender, por ejemplo, el trazado de los límites de la vida humana a partir una definición o delimitación de su significado.

Esta reorientación contemporánea de la ética a la vida del cuerpo y su materialidad bioorgánica tiene que ver con la intensificación de los riesgos morales planteados por las técnicas biogenéticas y biomédicas derivadas de la biología molecular o bioquímica, a partir de la decodificación del código genético; primero al descifrar la estructura molecular del ADN en 1953 y después la del genoma humano en el cambio de siglo. Las técnicas en cuestión han dado lugar a prácticas del mismo tenor que ya forman parte de nuestra vida social y cultural. Para tener una idea aproximada de ellas, basta mencionar algunas que aparecen en los medios de comunicación complementadas con otras que proporciona la literatura especializada.

Comenzaré por el aborto, objeto de diversas decisiones políticas y legislativas. Por ejemplo la que protagonizó el gobierno socialista de España en los últimos años, con la oposición de la derecha moral, religiosa y política, liderada por la parte española de

la Teocracia Vaticana, la Conferencia Episcopal, que ha mostrado su oposición en los medios de comunicación y en manifestaciones multitudinarias, que movilizaron cientos de autobuses y varios aviones con la consiguiente difusión mediática.¹ Uno de cuyos efectos es la reciente promesa del recién elegido presidente conservador de modificar la ley socialista avalada por las declaraciones del Cardenal Rouco en las que sugiere la modificación de la ley del aborto.² También fue mediático, aunque menos, el aborto de una niña brasileña de nueve años, legitimado por el entonces presidente de la república, Lula da Silva, que suscitó la protesta de la jerarquía católica brasileña con el argumento de que en cuestiones de teología el presidente de la república debe consultar a los expertos, dando a entender que la ética se reduce a la teología moral católica y es monopolio de la jerarquía eclesiástica. Un tercer caso fue la eutanasia de la italiana Eluana Englaro, en estado vegetativo y en grado de degradación orgánica avanzada, seguida de la protesta airada de la Teocracia Vaticana que trató al padre de Eluana de asesino y movilizó al gobierno de Berlusconi a legislar sobre la cuestión.³ Otro más, el hecho de que el ya presidente Obama incluyera en su primera campaña electoral la promesa de despenalizar la investigación con células embrionarias con el consiguiente rechazo de la derecha republicana y evangélica. En otro registro, cabe mencionar la decisión de unos padres españoles de concebir un niño para, entre otras cosas, curar a su hermano enfermo (ambas cosas han tenido lugar: cfr. prensa del verano de 2009), con las mismas protestas por parte de los mismos y las mismas. O los viajes a EEUU de parejas españolas para elegir el sexo de su próximo bebé utilizando la técnica del diagnóstico preimplantacional, que también abre la posibilidad de eliminar malformaciones congénitas y mejorar la dotación genética natural, efecto del azar. Sin que debamos olvidarnos de la clonación que, experimentada repetidamente en animales, en algún momento estuvo entre las posibilidades para que las parejas infértiles pudieran optar a descendientes clonados a partir de los genes paternos, ni de la clonación no reproductiva de las “células madre” con el fin de tratar enfermedades degenerativas a partir de células no degeneradas del propio enfermo.⁴

132

Estas prácticas biogenéticas, sin embargo, parece que han perdido “actualidad” y que han sido sustituidas en la atención general por otras derivadas de las neurociencias, que abren la posibilidad de intervenir en las estructuras neurológicas del cerebro mediante técnicas quirúrgicas y farmacológicas (Racine, 2010, caps. 7-8; Evers, 2009: 13). O las que podrían seguirse de la nanotecnología y sus aun tempranas aplicaciones (De Cózar, 2011). O bien, finalmente, las prácticas interactivas propiciadas por las redes de comunicación digital que, según algunos analistas, están produciendo modificaciones en las estructuras sinápticas de nuestro

1. La prensa del momento informó regularmente del debate previo. Por ejemplo, el diario *El País*, el 15 de agosto de 2009 encabezaba la página 35 con la siguiente entrada: “Rajoy cede a la presión conservadora y anima a acudir a marchas antiaborto”.

2. Véase, respectivamente, el diario *El País* del 24 de diciembre de 2011 y el del 31 de diciembre de 2011.

3. El diario *El País* del 2 de agosto de 2009, página 36, resaltaba las siguientes frases: “El Vaticano investiga a defensores del testamento vital... 41 religiosos que apoyaron desconectar a Eluana pueden ser castigados”. Y añadía esta otra atribuida a uno de ellos: “Reto al Papa a que diga que nos hemos colocado fuera de la Iglesia”.

4. Sobre clonación, Bello Reguera (1999); sobre células embrionarias, Bello Reguera (2002).

cerebro, registradas por investigaciones neurológicas; cuyo efecto parece ser la superficialidad y levedad de las actividades mentales, debidas a la extensión del espacio informativo y a la cantidad de información a procesar, que contrasta con la mayor intensidad del pensamiento promovido por la cultura del libro tradicional (Carr, 2010:143-144).

3. Eugenesia: la humanidad en juego

Las prácticas biotecnológicas derivadas de la biogenética constituyen la base de la “eugenesia liberal”, que conviene definir mínimamente. El término “eugenesia” significa “buena génesis” o “buen nacimiento” (igual que “eutanasia” significa buena muerte o muerte digna), salvo para quienes están en contra, que significa lo contrario debido a la eugenesia nazi. El método de la eugenesia consiste en eliminar los genes negativos y favorecer los positivos, y ni su diseño teórico ni sus primeros pasos fueron alemanes. Su proyecto teórico proviene de Inglaterra, donde lo concibió un primo de Darwin, Francis Galton, a finales del siglo XIX, y su desarrollo inicial, ya un tanto bárbaro, tuvo lugar en los Estados Unidos en las primeras décadas del siglo XX.⁵ La eugenesia liberal constituye un resurgimiento del proyecto eugenésico originario que tiene lugar a partir de la decodificación del ADN y se desarrolla durante la segunda mitad del siglo pasado con una diferencia significativa: a su favor operan los avances en la genética molecular que proporciona la seguridad científica y técnica en el manejo de los genes, de la que carecía la eugenesia inicial. Para lo que importa aquí, la eugenesia liberal se puede cifrar en dos rasgos. El primero es su mercantilización: la relación entre la oferta de las técnicas y servicios genéticos, y la demanda de los mismos por parte de los compradores potenciales (como las parejas españolas que viajan a los Estados Unidos a comprar el servicio técnico que les permite elegir el sexo de su futuro bebé). Entramos en la era del mercado genético o biogenético. El segundo es la libertad individual de elegir o decidir comprar y vender como el valor moral propio de las democracias neoliberales, que legitima las prácticas eugenésicas: libertad de elegir el sexo de un hijo, libertad de vender la técnica que lo hace posible y libertad de comprarla.

133

La eugenesia liberal de mercado, de impronta norteamericana, contrasta con la eugenesia política o institucional sugerida por el filósofo alemán P. Sloterdijk en un famoso opúsculo (Sloterdijk, 2000) donde propone sustituir la educación humanista clásica, basada en la escritura y la lectura, que él cree fracasada ante la irreductibilidad de la violencia infrahumana, por la ingeniería genética, que eventualmente podría erradicar la agresividad humana en su raíz biológica. El resultado final sería la sustitución de la humanidad humanista que conocemos y encarnamos por una humanidad posthumanista, cuya génesis y estructura es biotecnológica.

5. Se da cuenta de estas barbaridades eugenésicas en Bello Reguera (2002). Sobre eugenesia en general, Kevles (1985).

La propuesta de Sloterdijk, sin embargo, consiste en una contradicción ética de gran calado que conviene explicitar. Por un lado, se apoya en la ética progresiva o evolutiva aplicada a la esfera tecnológica cuyo imperativo básico es “todo lo que sea factible tecnológicamente debe hacerse”.⁶ Del cual se sigue que cultura humanista, que había sustituido a la biología como vanguardia evolutiva, deberá ser sustituida, a su vez, por la ingeniería genética. Todo ello en el supuesto de que se trata de progreso humano. Por otro lado, en cambio, el abandono de la educación humanista y su núcleo ético da paso a la cría y domesticación de animales en las que Sloterdijk cree entrever, siguiendo ciertos pasajes de Nietzsche, Platón y Heidegger, la matriz misma del humanismo: el “folclore pastoral” o la “politología pastoral” europeos, asociados a la creencia de que “los hombres son animales de los cuales unos crían a sus semejantes mientras que los otros son criados”, lo cual implica que “el hombre significa para el hombre la máxima violencia” (Sloterdijk, 2000: 69 y 71). La cuestión es arriesgada debido a la ambigüedad de Sloterdijk. Es de suponer que “la reforma genética de las propiedades del género” o la “antropotécnica orientada a la planificación de las características” de la especie (Sloterdijk, 2000: 62-63) se orienten a erradicar “la máxima violencia que el hombre significa para el hombre”. Pero no especifica quién y de qué modo decidiría y administraría la ingeniería genética implicada en ello. Y a quiénes se aplicaría. Lo cual alienta la sospecha de que podría tratarse de la “politología pastoral” de siempre, sobre todo después de leer sus referencias a la figura platónica de un “super-humanista cuya tarea sería la “planificación de propiedades de una élite que habría que criar expresamente para el bien de todos” (Sloterdijk, 2000: 69).

134

Si este análisis es verosímil, es preciso reafirmar la idea de que el progreso tecnológico, aliado ingenuamente con el determinismo genético, no sólo no resuelve los problemas morales y políticos de la violencia, como sostiene Sloterdijk, sino que puede empeorarlos hasta hacernos recordar el horror. En otras palabras: en lugar de un progreso moral puede suponer un regreso a estadios animales, prehumanos o, peor aún, a situaciones abiertamente deshumanizadoras.

Tanto la eugenesia liberal o de mercado, economicista, como la eugenesia política o institucional de Sloterdijk plantean riesgos morales que se han apresurado a denunciar autores como Habermas o Sandel. Los dos se declaran en contra del “supermercado genético”, contra la “perfección genética” y, en el caso del primero, contra la transformación eugenésica de la humanidad “humanista”. Habermas -que reacciona contra Sloterdijk- advierte sobre el riesgo de que la eugenesia acabe con la “autopercepción ética de la especie”, de significado transcultural, si bien con una carga fuerte de neoilustración europea (Habermas, 2002). Lo cual supondría entrar en una humanidad no sólo posthumanista, como sugiere Sloterdijk, sino también postmoral o transmoral. Por su parte, M. Sandel advierte sobre el riesgo de perder la visión de “la vida como un don” (aunque no dice a cargo de quién) para ser sustituida por la vida como un producto biotecnológico a la carta, y se pronuncia por la preservación de valores éticos tradicionales como la modestia, la humildad y la

6. Hottois (1984: 146-147), en el que puede leerse: “L'imperative technique: tout ce qu'il est possible techniquement de faire il faut le faire”.

responsabilidad (Sandel, 2007).

Más allá del acuerdo o desacuerdo, los pronunciamientos de Habermas y Sandel apuntan a lo que parece ser el núcleo de la bioética o, más propiamente, de la ética de la bioética: la humanidad. Pero de una humanidad ética: axiológica, valorativa y normativamente diferenciada de la humanidad biológica que actúa o debería actuar como línea roja que las prácticas biotecnológicas -genéticas, neurológicas y nanotecnológicas- no deberían traspasar sin actuar mal o hacer el mal: sin fracasar moralmente. En tal caso, el riesgo moral al que se exponen no es otro que el de violar los límites y fronteras de la humanidad, lo que puede situarse entre la transhumanidad (avanzar más allá de la humanidad presente: ¿cuál?) y la deshumanización (regresar a estadios prehumanos o inhumanos).

La función normativa de la humanidad, con sus ventajas e inconvenientes, puede ilustrarse con los derechos humanos y su condición normativa, sobre lo que parece haber acuerdo generalizado. Pero las cosas no son tan sencillas. Dejando al margen la hipocresía que suponen las contradicciones entre la teoría (ética) y la práctica (política) de los derechos humanos, su propia consistencia filosófica dista de estar consolidada. En las cuestiones bioéticas como el aborto, la eutanasia, la investigación con células madre y la eugenesia en general, los derechos humanos apenas son mencionados, porque lo que está en juego es lo que ellos presuponen: la definición clara y distinta de la humanidad o identidad humana. El problema está, sin embargo, en que esa definición no existe más allá o por encima de las culturas religiosas o laicas, ni siquiera más allá de las diversas culturas filosóficas.

135

Al abordar la definición de la humanidad es preciso comenzar diferenciando una humanidad descriptiva y otra normativa o axiológica (Macintyre, 1987). La primera nos dice lo que es la humanidad de hecho, en su materialidad bio-orgánica, pero no nos dice lo que es una vida humana buena o valiosa que pudiera operar como el ideal normativo universal de cualquier vida humana. Para eso necesitamos una definición axiológica o ética (Hottois, 1984: 27) que no se reduce a los predicados biológicos o culturales en su particularidad. Es verdad que la vida humana axiológica o ética suele definirse como digna, en la que la dignidad es el valor supremo, y que esta definición parece aceptada por todas las culturas religiosas o filosóficas. Pero es preciso reconocer inmediatamente que cada cultura particulariza el significado de la dignidad, lo cual es introducir la diferencia en su unidad. En la cultura filosófica el significado de la dignidad se diversifica según las distintas corrientes y sus marcos teóricos: unos la definen en función de la racionalidad, otros del reconocimiento, otros de la responsabilidad (López de la Vieja, 2010: 249 y ss.; Bello Reguera, 2008). Habermas la contextualizaría en lo que él denomina “la autopercepción ética de la especie”, mientras que Sandel preferiría hacerlo en “la vida humana como un don”.

4. Biología precientífica, biología científica y ética

Las diferencias se acentúan si prestamos atención a la confrontación entre la cultura filosófica y la religiosa. Basta recordar el episodio de las viñetas de un periódico danés que representaban a Mahoma tocado con un turbante-bomba, ocurrido en

2006. La reacción de los creyentes musulmanes dejó claro que mientras que para el dibujante danés y sus lectores habituales la dignidad consiste en la libertad de expresión y el uso del humor con propósitos críticos, para los musulmanes la dignidad es su identificación con el Profeta y su imagen positiva más allá de toda crítica: sagrada. Pero lo que me interesa aquí y ahora es la diferencia y el desencuentro entre las definiciones laicas, filosóficas y científicas de la humanidad y la definición teológica, católica, cuyo episodio más representativo tuvo lugar a finales del siglo XIX cuando surgió la teoría de Darwin, que desmentía el mito creacionista puesto en circulación por la Biblia -adoptado por la teología católica- que aún pervive redefinido como “diseño inteligente” (Hidalgo Tuñón, 2007). Y dejaba en evidencia la diferencia irreconciliable entre la definición científica, biológica, y la definición teológica de la humanidad y, por lo tanto, de la dignidad humana.

Esa diferencia la caracterizó adecuadamente el Premio Nobel J. Monod al sostener que en la tradición europea operan, de hecho, dos biología o teorías biológicas: una científica y otra precientífica. La primera se diversifica en tres variantes complementarias: la biología evolutiva, la biología molecular (bioquímica, clave de la genética y de los avances biomédicos y genómicos diversos) y la biología ecológica, que es la que permite valorar los efectos del cambio climático sobre el ecosistema global y su biodiversidad. La segunda, por su parte, es la biología animista o espiritualista (Monod, 1973: caps. 2 y 10) cuyos orígenes están en la función imaginaria o fantástica, ficcional o mítica, creada y sostenida por la religión, la teología y la metafísica, a las que se sumó en su momento la biología pseudocientífica que inspiró el racismo biológico moderno, no sólo el nazi sino también el colonialista, y recientemente la ecología profunda (*deep ecology*).

136

La biología científica desmiente a la precientífica. Ella se somete a las exigencias del método empírico y al razonamiento lógico-matemático, ambos susceptibles de crítica y debate públicos, mientras que la segunda sólo se sustenta en la fe y en creencia. Sin embargo, este cuestionamiento teórico es ineficaz en la práctica ética cotidiana de miles de millones de creyentes en una religión u otra: en torno a 2000 millones de cristianos y a 1300 millones de musulmanes, limitándome a estas dos religiones que hoy parecen invencibles en ese terreno.⁷ Las religiones son, de hecho, sistemas culturales que inspiran y legitiman estados teocráticos. De ahí la convicción creciente de que vivimos en una sociedad “postsecular” en la que la que la esperanza de que la religión desapareciera del horizonte histórico parece haber pasado a mejor vida (Habermas, 2006). Ello no implica, sin embargo, que el pensamiento crítico haya quedado sin recursos discursivos en lo que nos importa: la relación de las dos biología consideradas con la ética.

La biología científica, al sustituir el discurso tropológico o figurativo del animismo y el espiritualismo por el lenguaje empírico -evolutivo, bioquímico o biogenético y neurológico- establece con la ética una relación paradójica. Dada la condición valorativa y normativa del discurso ético, la biología científica, descriptiva y explicativa, permanece ajena a él. Ni la teoría de la evolución, ni el descubrimiento de

7. Los datos proporcionados son, obviamente, aproximativos.

la estructura del ADN y del genoma humanos, ni la exploración del cerebro y su estructura neurológica, ni el conocimiento de la trama ecológica de la vida humana y sus riesgos han hecho aportaciones novedosas y relevantes a la ética normativa y sus significados básicos como la bondad, la justicia, la rectitud, la responsabilidad, la solidaridad, la hospitalidad, etc., y sus contrarios.⁸ Sin embargo, de forma indirecta, las diversas teorías biológicas han hecho algunas aportaciones relevantes a la ética. Han abierto ámbitos y planteado problemas nuevos para la aplicación de los conceptos y categorías éticas que, desplazados de su “idealidad abstracta”, son puestos a prueba en su consistencia teórica por la ética evolutiva, la ética ecológica, y la neuroética. Pero, sobre todo, han sustituido la antropología animista y espiritualista, teológica y metafísica, en la que se asentaba la ética tradicional, por una antropología materialista, informada científicamente, que proporciona bases más adecuadas para la génesis del discurso normativo y valorativo propio de la ética que, de este modo, se ve constreñido a redefinirse críticamente (García Gómez-Heras, 2005).

Gracias a las aportaciones de la biología científica, hoy es posible distinguir al menos cuatro significados distintos de la expresión “vida humana”, que deberían ser tenidos en cuenta a la hora de definir su contrario: la “muerte humana”. Porque en casos como el aborto, la eutanasia y la investigación con células embrionarias, hay quien habla de “asesinato”, sin paliativos, y hay quien cree que lo que “muere” o aun no es una persona humana o ya ha dejado de serlo. Sirvan como aclaración complementaria los cuatro significados siguientes de la expresión “vida humana”:

a) La vida *presensitiva* como la embrionaria y la fetal anterior a la formación del sistema nervioso, en torno a la semana 14 del embarazo, indiferente al placer y al dolor. b) La vida *postsensitiva*, en fase terminal irrecuperable, que suele ser descrita como “en estado vegetativo” análogo (no idéntico) al de la vida presensitiva. Estas dos formas de vida son humanas por su composición genómica pero no lo son en otros aspectos que menciono a continuación. c) La vida *neurosensitiva* vinculada a la formación, la estructura y la dinámica del sistema nervioso y del cerebro, que proporciona la capacidad de experimentar placer y dolor, y que es común a todos los animales considerados “superiores”; de ahí el reconocimiento de los derechos de los animales a no sufrir inútilmente, y la prescripción legal española de que el aborto no pueda practicarse después de la semana 14, salvo casos de peligro para la madre o de malformación fetal, que eleva el plazo a 22 semanas. d) La vida *neurolingüística*, cuya dinámica implica actividad comunicativa y cultural que transforma la vida intracerebral (si es que lo fue alguna vez) en inter-cerebral o, más propiamente, social o sociolingüística: inter-activa mediante el intercambio de signos y su efecto, la significación, que no compartimos con ninguna otra especie animal. Sobre todo, la

8. Esta afirmación, acaso excesiva, debería ser confrontada con las pretensiones de la “ética evolutiva” y de la “neuroética”. Al respecto, puede verse a) sobre la ética evolutiva: Raphael, 1966; Flew, 1966; Wilson, 1980; Boniolo y De Anna, 2006; y James, 2010; y b) sobre neuroética: Evers, 2007; Racine, 2010; y Cortina, 2011.

significación moral: el reconocimiento de cada vida humana como valiosa en sí misma, cuyo intercambio constituye el vínculo social y cuya interiorización por parte de los individuos singulares da lugar al sentimiento de autovaloración o dignidad. O su negación -el no reconocimiento o el mal reconocimiento- que da lugar al sistema de oposiciones binarias que configuran las diferencias en la valoración y la desvaloración morales: bondad y maldad, rectitud y transgresión, solidaridad y crueldad, responsabilidad e indiferencia, aprecio y desprecio, hospitalidad y violencia para con los otros.

¿Cuál es la alternativa de la biología precientífica en relación con la ética? Lo primero es reconocer que constituye una de las raíces más antiguas de la ética, arraigadas en relatos mitológicos como los referentes a la divinidad en sus diferentes versiones, o bien a una naturaleza que, al ser el referente de un relato mítico, no es natural sino cultural y, por lo tanto, artificial: efecto del arte. En esta efectuación artística están implicadas tres operaciones, a cargo de un extenso e intenso inconsciente cultural, que raramente aparecen juntas, como formando parte de un mismo sistema de significación. La primera es la naturalización de la ética, que la presenta como expresión directa de la naturaleza o causada por ella, de donde sale una ética naturalizada o naturalista que comienza con Aristóteles y su naturalismo metafísico, precedente del teológico medieval, y desemboca en el naturalismo romántico de amplia vigencia. Esta operación, en segundo lugar, no es posible sin otra anterior, generalmente implícita, encubierta o inconsciente, que consiste en la moralización de la naturaleza mediante una atribución imaginaria o ficcional de “rasgos morales” propios de las personas con sensibilidad y, sobre todo, la competencia legislativa soberana y última que encarna/emite la “ley natural”, naturaleza como ley moral fundamental e inapelable: única y última (García Gómez-Heras, 2010).⁹ ¹⁰ En tercer lugar, la moralización de la naturaleza hay que atribuirle a una operación aún más originaria y encubierta, la prosopopeya, reconstruida en el ámbito de la teoría literaria. Procedente de las palabras griegas *prosopon*, persona, y *poiein*, hacer, el término “prosopopeya” significa “hacer persona” o “personificar”. He analizado esta figura a propósito de la *deep ecology* (Bello Reguera, 2000) pero el mismo enfoque puede ser transferido sin problemas a la biología animista y espiritualista que me ocupa.

Las tres operaciones anteriores constituyen los eslabones de la cadena que ata la ética a la biología precientífica. Lo relevante es que, una vez personificada y moralizada, la naturaleza puede aparecer como la causa y el origen de la moralidad, tal como ha sostenido y sostiene el naturalismo ético (García Gómez-Heras, 2010). El hecho es, sin embargo, que la naturaleza moralizada y personificada no es “natural”, como promete el discurso naturalista, sino “artificial”, un efecto de la prosopopeya, estructura lingüística propia del lenguaje tropológico o figurativo (literario), que crea significados artificiales en lugar de repetir o re-presentar lo dado en y por la

9. J. Habermas se refiere a la “moralización de la naturaleza humana” para rescatarla de su “tecnificación” a partir de los conocimientos proporcionados por la biología (Habermas, 2002: 38 y ss.).

10. Las declaraciones del Cardenal Rouco recogidas por *El País* del 31 de diciembre de 2011, p. 43, se apoyan, justamente, en este “naturalismo ético” o “ética naturalizada”, cuando dice: “El orden de la relación matrimonio-familia está prefigurado en la naturaleza humana según lo quiere Dios” (columna 3).

naturaleza. El ejemplo decisivo es la personificación de la vida humana en su estadio presensitivo, propio de las células embrionarias y de los fetos de menos de 14 semanas, anterior, en todo caso, a la formación del sistema nervioso.¹¹ O la personificación de la vida postsensitiva propia de los enfermos terminales en estado vegetativo. Ambas personificaciones o prosopopeyas sostienen el animismo o espiritualismo que definen de modo unificado a la vida humana como tal, de modo uniforme y sin distinciones, desde su concepción hasta su muerte.

5. Bioética y biopolítica: entre autoritarismo y democracia

Lo relevante, en este punto de la argumentación, es que la prosopopeya es una práctica lingüística, propia de la vida neurolingüística o socio-lingüística que aparece al final de la cadena evolutiva con el desarrollo del cerebro humano. Y que, como otras tantas, es una forma de redescubrirnos a nosotros mismos en esos mismos términos morales, valorativos y normativos. De ahí que Rorty considere que esa redescubierta es “lo más importante que podemos hacer”. A las prácticas lingüísticas se refería el filósofo británico del siglo pasado J. Austin con su expresión actos de habla, a los que atribuía el poder (causal) de hacer cosas con palabras. Se trataba de hacer explícito el poder realizativo, constructivo o productivo del lenguaje -además del constativo o descriptivo- al que denominó fuerza performativa o performatividad y que asoció a los actos de habla del mismo nombre: los performativos (Austin, 1986). Se trataba, en su caso, de las palabras habladas, pero otros filósofos como J. Derrida, M. Foucault, R. Rorty y J. Butler la hicieron extensiva, directa o indirectamente, a las palabras escritas: la escritura o grafematicidad con la que se pretendía dar cuenta de la materialidad estructural de las prácticas lingüísticas o discursivas humanas (Pérez Navarro, 2007), aun de aquellas que se hacen derivar de lo natural, prehumano, o bien de lo sobrenatural y sobrehumano: lo divino.

139

Es la misma materialidad que performa la prosopopeya implícita en las escrituras y textos religiosos, teológicos y metafísicos, supuestamente inspirados por poderes sobrehumanos o por mentes privilegiadas como el filósofo-rey de Platón y sus herederos más o menos dictatoriales. Escrituras y textos que las grandes religiones - o grandes corrientes filosóficas- sacralizan en su espacio creencial propio y particular con pretensiones de validez universal. Sin embargo, al existir, de hecho, varios libros sagrados atribuidos a la misma fuente en sus diferentes versiones, la divinidad y sus afines, lo sagrado o lo divino se pluraliza y diversifica y, más radicalmente, se democratiza y acaba mostrando su génesis humana, demasiado humana. Y si esta democratización estructural afecta a la divinidad y a la sacralidad, ¿cómo podrían librarse de ella categorías filosóficas, metafísicas, ontológicas o epistemológicas

11. Una expresión plástica de esta personificación pudo verse en un anuncio contra el aborto publicado por la Conferencia Episcopal española hace unos años en el que aparecía la imagen de un niño al lado de otra de un lince, para ilustrar el mensaje de que la política pro aborto salva al lince (por razones ecológicas) y condena al niño al legalizar el aborto. Está claro que el niño no es el feto que se trata de defender, pero al representarlo o sustituirlo en expresión plástica, lo personifica. Una vez personificado es más fácil presentarlo como “reo de muerte”.

como el Ser o la Naturaleza (la mitificada) que han gozado, durante largos siglos, de un estatus análogo al de la divinidad? Pero una vez democratizadas, ¿cuál es o puede ser su nuevo significado?

De esta breve reflexión sobre la fuerza o el poder performativo del lenguaje me gustaría concluir que lo performado es la identidad humana como identidad moral, diferenciada de su identidad biológica o genómica. Dicho de otro modo: la humanidad como norma moral de sí misma, como línea roja ética que opera de criterio para valorar o evaluar mediante juicios de valor positivos o negativos, las acciones, prácticas, conductas, instituciones y personas que afectan a la humanidad de otros seres humanos y, de este modo, elegir entre unas y otras.

Ahora bien, como estas valoraciones están cargadas de significación y efectividad políticas, el poder performativo del lenguaje puede ser caracterizado no sólo como bioético o bioética, sino también como biopolítico o biopolítica. Surgido y desarrollado en el ámbito de la pragmática y del pragmatismo, este horizonte performativo es, directa o indirectamente, el que llevó al último Rorty a redefinir la filosofía como política cultural (Rorty, 2007) en la que queda subsumida o incluida la ética. Esta redefinición proporciona, entre otras cosas, una crítica radical de la imagen de la filosofía como un conocimiento universalmente válido y, por lo tanto, neutral, situado por encima de las diversas opciones políticas. No existe una política cultural, con su correspondiente ética, neutral, ya que su práctica sólo es posible -al menos hasta ahora- en dos modalidades básicas: una autoritaria, vinculada a la biología precientífica, y otra democrática, en coherencia con la biología científica.

140

La modalidad autoritaria se sustenta sobre la biología precientífica que, al sustraerse a la crítica pública, promueve los siguientes rasgos: apropiación privada del poder de hacer o performar juicios de valor moral positivos o negativos, sobre la realidad humana y sus expresiones culturales, para lo cual es necesario; apropiación privada del poder de definir los criterios de valor: el significado del bien y el mal, y los límites de la vida humana de forma rígida e innegociable; ello implica una apropiación privada del lenguaje -teológico-político- en el que se producen o performan las definiciones morales y los juicios a que dan lugar. Todo lo cual propicia la constitución de un poder moral y político único y último: total o totalitario, que trabaja sobre el supuesto de un riesgo moral cero, para lo cual cree disponer de un instrumento adecuado: la totalidad del biopoder que le permite ejercer un control totalitario sobre la vida humana y sus riesgos: sus éxitos y sus fracasos. Las regiones tradicionales constituyen los mejores paradigmas de este modelo: ellas y sus iglesias se apropian privadamente del poder de definir el límite o la frontera, la línea roja, entre el bien y el mal, lo correcto y lo incorrecto.

La modalidad democrática, en coherencia con la biología científica y su condición empírica y pública, presenta los siguientes rasgos: la distribución igualitaria o equitativa del poder performativo del lenguaje mediante procedimientos diversos como la educación pública y la participación cívica; la distribución igualitaria del poder de performar valores y normas y de aplicarlos a la valoración o evaluación de acciones, prácticas e instituciones que forman la trama de la vida en común; la distribución igualitaria del poder de definir, de forma negociada y consensuada, los

límites y fronteras de la vida humana como criterio y medida de lo que está bien y mal: como línea roja moral pero, a la vez, como línea roja democrática, lo cual implica que ese cometido no es propiedad exclusiva de alguien en particular; la utilización de esta línea roja para enjuiciar moralmente, de forma igualmente negociada o consensuada, las acciones, prácticas, conductas, instituciones y personas, incluidas todas las implicadas en las prácticas biotecnológicas objeto de este ensayo. La condición democrática de toda esta trama (bio)ética y (bio)política implica que todas sus definiciones, evaluaciones y juicios morales no son definitivos e inamovibles, sino contingentes y revisables. No sólo en el tiempo histórico, cuyo transcurso modifica las situaciones morales y políticas, sino también en el espacio democrático, en el que los juicios de valor se pueden expresar en forma ética, culturalmente diversificada, en forma jurídica, de acuerdo con las leyes democráticas, y en forma política, según los intereses de poder de los diversos partidos. Y entre unas y otras no siempre hay acuerdo sino que, frecuentemente, entran en relaciones conflictivas cuya solución corre a cargo del criterio jurídico del momento que, por su parte, puede ser modificado mediante la movilización del debate ético y la victoria electoral.

Bibliografía

- AUSTIN, J. (1986): *Cómo hacer cosas con palabras*, Barcelona, Paidós.
- BARNETT, S. A. et al (1966): *Un siglo después de Darwin*, Madrid, Alianza Edit.
- BAUMAN, Z. (2007): *Modernidad líquida*, Barcelona, Paidós.
- BELLO REGUERA, G. (1999): “La clonación humana: utopía y ética”, en AAVV, *Utopía, modernidad y ciencia*, La Laguna, Publicaciones del Ateneo de La Laguna.
- BELLO REGUERA, G. (2000): “Animismo y prosopopeya: una mirada crítica a la ética ecológica”, *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, vol. 6, nº 2, La Laguna, Tenerife, Edit. Resma.
- BELLO REGUERA, G. (2002a): “Vida embrionaria y teoría ética”, en A. Omar y G. Bello Reguera (eds.).
- BELLO REGUERA, G. (2002b): “Eugen-ética: el perfeccionamiento científico de la vida humana”, en J. M. Cózar (Ed.): *Tecnología, civilización y barbari e*, Barcelona, Anthropos.
- BELLO REGUERA, G. (2008): “La protección de la vida humana y el significado de la dignidad”, *azafea (Revista de Filosofía)*, vol. 10, Salamanca.
- BELLO REGUERA, G. (2011): “La relatividad de los derechos humanos. Más allá del etnocentrismo occidental”, en J. M. Rosales y M. Toscano (eds.): *Ética y ciudadanía democrática*. Estudios en homenaje a José Rubio Carracedo, Contrastes (Revista de Filosofía): Suplemento 16, Málaga.

BONIOLO, G. y DE ANNA, G. (2006): *Evolutionary Ethics and Contemporary Biology*, Cambridge, Cambridge University Press.

CARR, N. (2011): *Superficiales. ¿Qué está haciendo Internet con nuestras mentes?*, Madrid, Taurus.

CORTINA, A. (2011): *Neuroética y neuropolítica*, Madrid, Tecnos.

DE CÓZAR, J. M. (2011): *Nanotecnología, salud y bioética (Entre la esperanza y el riesgo)*, Oviedo, Ed. Junta General del Principado de Asturias.

EVERS, K. (2009): *Neuroética*, Madrid, Katz.

FLEW, A. G. N. (1967): *Evolutionary Ethics*, Londres, Macmillan.

GARCÍA GÓMEZ-HERAS, J. M. (2005): "Repensar la bioética. Una disciplina joven ante nuevos retos y tareas", en J. M. García Gómez-Heras y C. Velayos (Editores).

GARCÍA GÓMEZ-HERAS, J. M. (2010): *En armonía con la naturaleza. Reconstrucción medioambiental de la filosofía*, Madrid, Biblioteca Nueva.

GARCÍA GÓMEZ-HERAS y VELAYOS, C. (2005): *Bioética. Perspectivas emergentes y nuevos problemas*, Madrid, Tecnos.

142

HABERMAS, J. (2002): "¿Hacia una eugenesia liberal? El debate sobre la autocomprensión ética de la especie", en *El futuro de la naturaleza humana*, Barcelona, Paidós.

HABERMAS, J. (2007): *Entre naturalismo y religión*, Barcelona, Paidós.

HERRERA GUEVARA, A. (2007): *De animales y hombres. Studia Philosophica*, Madrid, Biblioteca Nueva.

HIDALGO TUÑÓN, A. (2007): "El 'diseño inteligente' a la luz de la 'conurrencia de inducciones' de William Whewell", en A. Herrera Guevara.

HOTTOIS, G. (1984): *Le signe et la technique. La philosophie a l'épreuve de la technique*, París, Aubier.

JAMES, S. M. (2010): *An Introduction to Evolutionary Ethics*, Oxford, Willey-Blackwell.

KEVLES, J. (1985): *In the Name of Eugenics. Genetics and the Use of Human Heredity*, Cambridge, Mass, Harvard University Press.

LÓPEZ DE LA VIEJA, T. (2010): *La pendiente resbaladiza. La práctica de la argumentación moral*, Madrid, Plaza y Valdés.

MACINTYRE, A. (1987): *Tras la virtud*, Barcelona, Crítica, p. 86.

MONOD, J. (1973): *El azar y la necesidad. Ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna*, Barcelona, Barral.

OMAR, A. y BELLO REGUERA, G. (eds.) (2002): *Las células embrionarias y la clonación no reproductiva: un enfoque multidisciplinar*, Vicerrectorado de Extensión Universitaria, La Laguna, Tenerife.

PÉREZ NAVARRO, P. (2007): *Del texto al sexo. Judit Butler y la performatividad*, Barcelona/Madrid, Edit. Egales.

RACINE, E. (2010): *Pragmatic Neuroethics. Improving Treatment and Understanding of Mind-Brain*, Cambridge, Mass, The MIT Press.

RAPHAEL, D. D. (1966): "Darwinismo y ética", en S. A. Barnet et al.

RORTY, R. (1983): *La filosofía y el espejo de la naturaleza*, Madrid, Cátedra.

RORTY, R. (1996): "La indagación intelectual como recontextualización: una explicación antidualista de la interpretación", en *Objetividad, relativismo y verdad*, Barcelona, Paidós.

RORTY, R. (2007): *Philosophy as Cultural Politics. Philosophical Papers 4*, Cambridge University Press. Versión castellana, *Filosofía como política cultural*, Barcelona, Paidós (2010).

SANDEL, M. (2007): *Contra la perfección. La ética en era de la ingeniería genética*, Barcelona, Marbot Ediciones.

SLOTERDIJK, P. (2000): *Normas para el parque humano*, Madrid, Siruela.

WILSON, E. O. (1980): *Sobre la naturaleza humana*, México, FCE.

La bioeconomía es un proyecto y al mismo tiempo una visión situada dentro de la narrativa neoliberal del crecimiento económico y de la competitividad y habla de una nueva economía basada en la manipulación, explotación y apropiación tecnológica de la materia viviente. Este artículo intenta dibujar un mapa del imaginario y de los objetivos de la bioeconomía a través del análisis de los discursos elaborados (y que circulan) por la UE y la OCDE. Más específicamente, explora la relación entre la bioeconomía como narrativa, con sus estrategias de políticas públicas, y el sistema filosófico neoliberal que la inspira. La bioeconomía aparece como un paso más allá de la misma economía del conocimiento en el proceso neoliberal dispuesto a extender ética y práctica del mercado a espacios sociales y biológicos antes regulados por otros principios. Mirando a la reproducción asistida y al bio-pharming, intenta sacar a la luz el papel de las biotecnologías en la constitución, institucionalización y regulación de la bioeconomía. En la conclusión, se vislumbran algunas de las implicaciones políticas y sociales de la transición a un sistema económico basado en la bioeconomía, sobre todo con relación al proceso de de-politicización y de restricción de acceso a la naturaleza que las bioeconomías necesitan para consolidarse.

145

Palabras clave: bioeconomía, biotecnología, neoliberalismo, mercado, ciencia

The bioeconomy is a project as well as a vision that stems from the neoliberal narrative of economic growth and competitiveness. It essentially makes reference to a new economy based on the technological manipulation, exploitation and appropriation of the living matter. This article aims to draw a map of the imaginaries and objectives of the bioeconomy through an analysis of the discourses elaborated by the EU and the OECD. It explores the relation between the bioeconomy as a narrative, with its public policy strategies and the neoliberal philosophy that underpins the latter. The bioeconomy emerges, thus, as a step further compared to the knowledge economy, in the neoliberal process oriented towards the extension of market-based ethics and practices to social and biological domains previously regulated in a different way. Turning to the cases of assisted reproduction and biopharming, this paper also shows the role of biotechnologies in the emergences, institutionalization and regulation of the bioeconomy. In its conclusion, it addresses some of the most challenging implications of a transition towards a bioeconomy, such as the process of de-politicization and restriction of access to natural resources that bioeconomies need to take off and consolidate.

Key words: bioeconomy, biotechnology, neoliberalism, market, science

* Se agradece la financiación del Plan Nacional de I+D+i 2004-2007 para el proyecto *La bioética más allá de la ética - evaluando el impacto social de las pruebas genéticas*, nº SEJ07-67465.

** Instituto de Políticas y Bienes Públicos (IPP), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid. Correo electrónico: vincenzo.pavone@cchs.csic.es.

Introducción

La bioeconomía (al igual que la economía del conocimiento, más conocida y de la que forma parte) es un proyecto, y al mismo tiempo una visión, situada dentro de la narrativa neoliberal del crecimiento económico y de la competitividad (Birch, 2006). En los documentos de *policy-making* (los relativos al desarrollo de políticas públicas), la bioeconomía se presenta como una economía revolucionaria basada en la manipulación, transformación, explotación y apropiación de la materia biológica perpetrada a través de las nuevas biotecnologías, la nanotecnología y la ingeniería genética (OCDE, 2009).

La bioeconomía o, mejor dicho, las bioeconomías no crecen de forma espontánea, sino que necesitan que gobiernos, ciudadanos, sociedad civil, organismos de investigación y empresas participen en su desarrollo. En concreto, necesitan regímenes de regulación apropiados y altos niveles de inversión. Además, tanto las estructuras del mercado como los sistemas de innovación han de estar preparados para enfrentarse al reto de innovación y desarrollo que la bioeconomía supone. Por lo tanto, gobiernos, empresas y sociedad civil están invitados a cooperar activamente para liberar el poder de la biotecnología no solamente para cambiar la forma en que el mundo hace negocio, sino también para conseguir finalmente las soluciones a los retos presentados por el cambio climático, la contaminación y el deterioro medioambiental, la pobreza mundial y los grandes desafíos de la salud pública global (OCDE, 2009: 6). La bioeconomía, afirma la OCDE, constituye la primera oportunidad de implementar una economía global realmente sostenible basada en recursos biológicos que, gracias a las biotecnologías, se convierten en renovables. La bioeconomía se presenta, en definitiva, como la nueva revolución industrial; una vuelta, eso sí hiper-tecnológica, a la economía sostenible y respetuosa del medioambiente que, supuestamente, estaba en vigor antes de la marcha triunfal de la civilización de los combustibles fósiles.

146

Ahora bien, si dirigimos nuestra mirada hacia las prácticas económicas y sociales de la bioeconomía, el panorama real no coincide del todo con su representación teórica. Muchas de sus novedades tecnológicas más prometedoras quedan aún en los laboratorios, y de las pocas que han llegado efectivamente a nuestro día a día, solo dos grandes conjuntos tecnológicos-económicos han logrado tener éxito en las economías de mercado, aunque no de forma igual en todos los países. Así pues, sólo podemos hablar de bioeconomías concretas en dos casos: la bioeconomía agrícola, basada en plantas y productos transgénicos, y la bioeconomía de la reproducción asistida. En muchas otras áreas, los productos y procesos de origen biológico que impliquen la utilización de biotecnologías no parecen haber remplazado los productos y procesos tradicionales. En el caso de la industria farmacéutica, por ejemplo, sólo el 16% de todos los productos nuevos desde 1987 son de origen biotecnológico (Hopkins et al, 2007). La fármaco-genética tampoco parece haber dado el salto a la práctica clínica (Hedgecoe y Martin, 2003; Hedgecoe, 2004), mientras que el primer

ensayo clínico de células madres embrionarias sólo se realizó en octubre de 2010, en Estados Unidos.¹

No obstante, no cabe duda de que la bioeconomía es una economía *in fieri* en que biotecnologías, sistemas de innovación, políticas públicas, mercados, empresas y varios actores sociales se juntan, interactúan, convergen y se enfrentan construyendo y configurando nuevas prácticas sociales y nuevas identidades, en una búsqueda permanente de nuevos equilibrios socio-políticos. ¿Pero qué tipo de economía es la bioeconomía? Un primer objetivo de este artículo es mostrar que la bioeconomía es una economía neoliberal *in fieri*, ya que su desarrollo y su trayectoria están fuertemente condicionados por los principios y las políticas neoliberales. Es más, según varios autores (Birch, 2006; Birch, 2007; Birch et al, 2010; Mirowski y Plehwe, 2009; Mirowski, 2011; Cooper, 2008) existe una relación mutuamente constitutiva entre neoliberalismo y bioeconomía; una relación tan estrecha que resultaría imposible comprender el uno sin la otra.

A partir de una breve genealogía del concepto, este artículo pretende, en segundo lugar, profundizar también en el proceso de *enactment* (implementación) que está promocionando y consolidando la bioeconomía en los países de la UE y de la OCDE. A continuación, inspirado en los trabajos más recientes sobre la relación entre ciencia, economía y neoliberalismo, el artículo pretende mostrar, a través de dos ejemplos concretos (la bioeconomía de la reproducción asistida y la investigación sobre *biopharming*) no sólo cómo neoliberalismo y bioeconomía interactúan y van co-evolucionando, sino también cuáles son las implicaciones políticas y sociales de esta relación mutuamente constitutiva para la sociedad en la que, probablemente, nos encontraremos viviendo en un próximo futuro.

147

En la conclusión, se mostrará, primero, cómo, a través de la bioeconomía, el mercado, con su racionalidad económica y su individualismo antropológico, puede convertirse en el mecanismo ético y cognitivo fundamental en la gestión de los recursos naturales y de las relaciones humanas. En segundo lugar, se pondrá de manifiesto cómo, a través de la manipulación genética, los organismos vivientes se están convirtiendo en medios de producción, lo que implica que la naturaleza ya no es simplemente un conjunto de recursos naturales y biológicos apto para la explotación, sino que es una forma de capital, es decir una parte integrante y constitutiva del capitalismo mismo.

1. Una genealogía aproximada del concepto

La bioeconomía es un término relativamente reciente. En su formulación corriente aparece por primera vez en los documentos de *policy making* de Estados Unidos a

1. Se trata de un ensayo clínico de la *Geron Corporation* con unos pacientes ingresados por traumas en la columna vertebral en el cual se inyectan células madres de origen embrionario para recuperar la funcionalidad de parte de la médula ósea. En: www.geron.com/media/pressview.aspx?id=1229.

principios de este siglo XXI. No obstante, las ideas básicas que forman parte del concepto de bioeconomía se remontan a los años 70 del pasado siglo, cuando la economía estadounidense se encontraba en una fase de declive y la situación internacional se había complicado por el fin de los acuerdos de Bretton Woods y las crisis del petróleo de 1973. La pérdida de competitividad de la economía americana frente a Japón, Europa y otros países emergentes dio lugar a un debate sobre el futuro de la economía mundial y sobre cuál podía ser la estrategia más eficaz para recuperar el crecimiento y la competitividad (Cooper, 2008). Entonces el informe titulado “*Limits to Growth*” (“Los límites del crecimiento”) mostró cómo el crecimiento económico basado en la explotación sin límites de los recursos naturales no renovables como petróleo y gas no era sostenible a largo plazo y ponía en peligro los delicados equilibrios del planeta y de sus variados ecosistemas (Meadows et al, 1972).

En Estados Unidos, las conclusiones del informe incentivaron a cambiar la dirección y las prioridades del sistema industrial para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y desarrollar nuevos sectores que permitiesen al conjunto del sistema industrial americano superar el modelo fordista. Por aquel entonces, las ciencias biológicas estaban avanzando rápidamente, sobre todo en el ámbito de la biología molecular, y los descubrimientos asociados al ADN estaban abriendo nuevos caminos hacia la comprensión, manipulación y explotación de la materia viviente. No fue una casualidad que las industrias químicas y del petróleo norteamericanas fueron las primeras en invertir en las nuevas biotecnologías basadas en los descubrimientos de la biología molecular.

148

Cuando el primer cultivo de transgénicos para uso comercial fue implantado en Estados Unidos en 1996, esta nueva revolución industrial parecía a punto de despegue. A finales de los 90, la inversión en tecnologías emergentes para aumentar la competitividad, recuperar el crecimiento y elaborar nuevos modelos industriales más sostenibles se consideraba prácticamente un paradigma asumido. En efecto, se había puesto en marcha una verdadera carrera entre países desarrollados y países emergentes para desarrollar (y patentar) cuantos más nuevos productos y procesos biotecnológicos posibles, para así cumplir lo que aparecía como el verdadero objetivo a alcanzar: la creación y consolidación de una economía basada en el conocimiento (OCDE, 1996).

La genealogía del concepto de bioeconomía, por lo tanto, no puede prescindir de estos cambios fundamentales en la forma de entender la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad, porque a raíz de estos cambios surgió el concepto mismo. No obstante, el primer documento que unió el prefijo “bio” con la palabra “economía” fue un informe estadounidense de la *Biomass Research and Development Board*, que presentó la bioeconomía como una revolución, una vuelta tecnológica a un pasado sostenible a través de la implementación de un modelo de economía basado en energías y recursos naturales renovables (In, 2001). Pero la primera y hoy en día más utilizada definición de bioeconomía fue elaborada por la OCDE en 2006, que definió la bioeconomía como “el conjunto de operaciones económicas de una sociedad que utiliza el valor latente en los productos y procesos biológicos para conseguir nuevo crecimiento y beneficios para ciudadanos y naciones” (OCDE, 2006).

El primer documento europeo que habla de bioeconomía fue el informe estratégico publicado en 2002 con el título *Life Sciences and Biotechnology: a strategy for Europe* (EU Commission, 2002). En este documento, la biomedicina se convierte en un elemento esencial de la bioeconomía, en contraste con la visión americana, que se limitaba a las biotecnologías agrícolas e industriales y enfatizaba el binomio crecimiento económico-sostenibilidad ambiental (EU Commission, 2002: 7). En segundo lugar, el crecimiento económico y la competitividad ya tiene más relevancia que la sostenibilidad ambiental: la bioeconomía es, sobre todo, una nueva forma de recuperar competitividad. Por lo tanto, Europa se enfrenta a una disyuntiva: “O bien abrazar la bioeconomía y adoptar todas las medidas necesarias para que florezca y así recuperar el liderazgo en innovación tecnológica y crecimiento económico o, al revés, aceptar tener un papel pasivo y soportar las consecuencias de ver estas tecnologías desarrolladas en otros países” (EU Commission, 2002: 7). En tercer lugar, el documento europeo enmarca la relación entre ciencia, política y sociedad en un contexto activo de participación pública donde los ciudadanos y la sociedad civil no solo reciban información detallada, sino que puedan también participar tanto en la toma de decisiones como en la repartición de los beneficios sociales y económicos de la bioeconomía (EU Commission, 2002: 19-20).

Pero sobre todo, la UE afirma que no tiene sentido avanzar en el campo de las biotecnologías si no se prepara a la sociedad, la política y la economía para recibir y aprovechar estas tecnologías (EU Commission, 2004: 9-10). La bioeconomía, por lo tanto, se va convirtiendo explícitamente en un programa político en toda regla, en el cual el desarrollo y la implementación de las nuevas tecnologías no es más que una parte de una visión mucho más amplia, que aspira a transformar la sociedad misma para prepararla y sintonizarla con el cambio tecnológico.

149

Este enfoque holístico madura y se consolida en los siguientes dos documentos sobre la bioeconomía basada en el conocimiento, o *Knowledge Based Bioeconomy* (KBBE) (EU Commission, 2007, 2010). En ellos, la bioeconomía ya no es un proceso para extraer beneficios de los recursos biológicos, ni una forma alternativa de economía sostenible, ni tampoco un proyecto político dirigido a modificar la relación entre ciencia, economía y política. Por el contrario, se presenta como un marco interpretativo de la realidad misma, una visión articulada de lo que es y debería ser la buena sociedad, los bienes comunes y las formas más adecuadas de cómo deberíamos relacionarnos unos con otros, con la naturaleza y con la sociedad misma. En estos documentos, las referencias ideológicas neoliberales, como demostraremos más adelante, se notan no sólo en las medidas de políticas públicas -que se presentan como imprescindibles para el éxito de la bioeconomía- sino también en la visión de la relación entre humanidad, naturaleza y mercado, donde el objetivo principal ya no es una eficiente explotación de los recursos biológicos y naturales, sino una profunda integración de estos últimos en los regímenes de producción y propiedad de los mercados.

Con la KBBE se vislumbra un cambio aún más radical de lo que detectaron, en su momento, Sheenan y Tegart (1998), que presentaban la economía del conocimiento como una nueva etapa del capitalismo donde ya no se utilizaba tecnología y conocimiento científico para explotar el trabajo del ser humano, sino que se buscaba

la explotación, a través de tecnología y conocimiento, de la capacidad generativa y regenerativa de los organismos vivientes (Waldby y Cooper, 2010). En la bioeconomía ya no se trata de explotar los productos de la naturaleza, sino de reconfigurarla, manipularla genéticamente y poseerla para integrarla en el ciclo de producción y comercialización del mercado capitalista.

2. Varias bioeconomías, un único hilo conductor

A pesar de las distintas versiones de la bioeconomía no es difícil encontrar un hilo conductor que acompañe la evolución del concepto, la visión que lo respalda y las medidas de políticas públicas que, en varias etapas, permiten a esta noción cobrar vida en las prácticas de investigación e innovación de cada país. En concreto, destacan cinco momentos cruciales en la progresiva realización de la bioeconomía, una realidad que, como recuerda la OCDE, no crece espontáneamente, sino que necesita apoyo y acciones concretas para consolidarse y producir frutos (OCDE, 2009). Estas cinco fases están ordenadas cronológicamente si bien presentan solapamientos entre unas y otras.

Una primera fase se consolida alrededor de la identificación, definición, construcción e interpretación de los problemas. Es la fase de encuadramiento (*framing*), y tiene una característica fundamental: siempre aborda los problemas desde una perspectiva enfocada en su posible solución tecnológica, y no se enfrenta a las causas concretas que hayan podido generar el problema. En otros términos, en esta fase se construye el problema de una forma tal que la bioeconomía, y sus tecnologías, tengan sentido como solución. Por ejemplo: “De aquí a 2030, la población mundial habrá crecido hasta los 8,3 billones... pero al mismo tiempo la gran mayoría de los ecosistemas mundiales están ya sobre-explotados y de una forma insostenible... la biotecnología puede ofrecer la solución para muchos de los problemas de salud y alimentos que afectan el planeta” (OCDE, 2009: 8-10). Un marco interpretativo como éste permite que la atención se desplace de las causas de los problemas hacia sus soluciones tecnológicas, desde un pasado muy problemático a un futuro libre de problemas.

En una segunda fase, que a menudo se solapa con la primera, se articulan promesas y expectativas sobre la capacidad que tienen estas tecnologías, y la bioeconomía en general, de solucionar eficazmente y casi sin efectos adversos los problemas que se encuentran encima de la mesa. En general, estas promesas tienden a subestimar o incluso a oscurecer del todo las dificultades técnicas, los riesgos y las implicaciones sociales y éticas de estas tecnologías, forzando así la atención hacia las perspectivas positivas que se abrirían si fueran implementadas a la mayor escala posible. El horizonte temporal de estas promesas, que se podrían definir como vehículos que transportan y difunden “los imaginarios tecno-sociales dominantes” (Macnaghten et al, 2005), casi siempre se mantiene alrededor de los 20, 25 años. Este horizonte representa un plazo suficientemente cercano para parecer que está a la vuelta de la esquina y suficientemente lejano para esquivar el control. Por ejemplo: “A pesar de que está todavía en su infancia, la medicina regenerativa habrá revolucionado la medicina de aquí a 2030. La mayoría de las enfermedades

crónicas, como las enfermedades cardiovasculares o la diabetes se tratarán gracias a transplantes de células madres” (*EU Commission*, 2007: 4).

En la tercera fase, se articulan estrategias y presiones para movilizar recursos económicos, inversiones y, por supuesto, el interés del mundo científico, empresarial y de la sociedad civil. En esta fase, los aspectos neoliberales de la bioeconomía se hacen más evidentes ya que se intenta movilizar el apoyo económico sobre todo a través de las recompensas y beneficios económicos que la bioeconomía sería capaz de generar para los inversores. Aun así, la participación pública en la inversión es considerada fundamental ya que, en muchos casos, los beneficios se vislumbran sólo a largo plazo. Como resultado, el apoyo a la bioeconomía se articula alrededor de una socialización de los costes de la investigación, a través de inversiones ingentes de recursos públicos, acompañada por una privatización de los beneficios, a través de las patentes conseguidas por las spin-off o las empresas que lleven el producto desde las últimas fases de experimentación al mercado propiamente dicho. Por ejemplo: “La financiación pública en las etapas iniciales es fundamental para estimular el desarrollo de nuevos productos y nuevas tecnologías en Europa, mientras que los incentivos del mercado pueden promover la comercialización de los bio-productos” (*EU Commission*, 2007: 15).

La narrativa optimista de la bioeconomía que domina en las tres primeras fases oscurece los problemas técnicos y las implicaciones sociales y éticas de las tecnologías y enfatiza, en una cuarta fase, otros tipos de obstáculos y dificultades que puedan afectar el desarrollo y la implementación de una bioeconomía. Por ejemplo, la bioeconomía afirma que estos obstáculos y estas dificultades se encuentran en la sociedad misma, que rechaza comprender y aceptar las enormes oportunidades que la bioeconomía ofrece: “Un público bien informado sobre beneficios y riesgos es una ventaja competitiva en una competición global [...]. Por eso, algunas personas claves, como científicos, agricultores y expertos de las ONG, son esencial en la promoción de la confianza” (*EU Commission*, 2007: 13). Frente a los riesgos de las nuevas tecnologías, domina la tendencia a restringir y minusvalorar las dificultades: “La biotecnología, en general, se utiliza como tecnología de proceso para realizar de otra forma productos ya existentes, como plásticos, variedades de cultivos y combustibles, de los cuales ya conocemos de antemano los problemas que podrían originar” (OCDE, 2009: 9).

Cuando la movilización de recursos y promesas, junto con la circunscripción de las dificultades, hayan abierto el paso a una construcción social de la bioeconomía como eficaz, segura, prometedor y a la vuelta de la esquina, la fase final se centrará en las medidas de políticas públicas que aparecen como esenciales para el éxito y la consolidación de la bioeconomía. En el ámbito de la regulación, la bioeconomía promueve la introducción de sistemas normativos basados en códigos de autorregulación o, alternativamente, en la creación de un sistema de gobernanza donde cualquier *stakeholder* (actor o parte interesada) tenga acceso al debate sobre las medidas a tomar, pero no todos tengan el mismo poder de intervención y de negociación. Muchos de los sistemas de gobernanza implementados bajo la inspiración de los principios dominantes de la economía del conocimiento no tienen en cuenta que, en la articulación social de los recursos económicos, del poder y del

conocimiento, las relaciones son raramente simétricas y que no todos los *stakeholders* tienen la misma oportunidad o capacidad de expresar su propio punto de vista o conseguir que sea debidamente considerado (Chilvers y Burgess, 2008). Finalmente, y en cualquier caso, el discurso de la bioeconomía insiste en que los regímenes de regulación se fundamenten en los hechos científicos, lo que el mundo anglosajón conoce como *science-based regulation*. Por ejemplo, “las mejoras del sistema de regulación deberían tener como objetivo la introducción de procedimientos simplificados, transparentes y basados en los hechos científicos, mientras sigan manteniendo un alto nivel de seguridad” (*EU Commission*, 2007: 16). Además, el sistema regulador basado en códigos de autorregulación, sistemas más o menos horizontales de gobernanza y hechos científicos se asocia siempre a los incentivos del mercado y los derechos de propiedad intelectual, elemento fundamental del sistema de apropiación y comercialización de la ciencia en la visión bioeconómica: “(Es necesario) considerar posibles acciones que puedan liberar nuevos mercados y el acceso al conocimiento, empujando a los organismos públicos de investigación a que adopten principios de regulación de la propiedad intelectual que permitan una innovación más rápida y mecanismos colaborativos para compartir el conocimiento” (OCDE, 2009: 7).

En lo que queda del artículo se profundizará en la relación entre neoliberalismo y bioeconomía, que ha sido y sigue siendo el tema principal de una de las líneas de investigación más recientes, pero también más innovadoras, dentro del conjunto de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología.

152

3. Bioeconomía y neoliberalismo: una relación mutuamente constitutiva

Para dirigir nuestra mirada a la relación entre bioeconomía y neoliberalismo, quizás merezca la pena recordar que la bioeconomía es parte integrante de la economía del conocimiento o, mejor dicho, una versión concreta de la economía del conocimiento en la que las biotecnologías y los recursos naturales y biológicos juegan un papel fundamental. En consecuencia, es preciso aclarar qué tipo de relación hay entre las dos y en qué medida la trayectoria de la economía del conocimiento nos ayuda a entender la relación entre bioeconomía y neoliberalismo. En este sentido, resultan muy útiles algunos estudios sobre la historia del neoliberalismo publicados recientemente (Mirowski y Plehwe, 2009; Mirowski, 2011).

Según estos estudios, el círculo neoliberal que se formó alrededor de la Sociedad del Monte Pelerin a finales de los años 40 en Estados Unidos, no sólo consideraba necesaria la progresiva remoción de todos los elementos del estado social y de las políticas keynesianas; también aspiraba a extender la tutela del mercado, y de sus mecanismos de autorregulación, a todos los ámbitos de las relaciones sociales y humanas y no solamente a los asuntos económicos propiamente dichos. En sus planteamientos filosóficos y normativos, el mercado, además de un sistema fiable de optimización de las transacciones económicas, constituía un mecanismo normativo de toma de decisión óptimo en todas las relaciones humanas. En otros términos, si la tutela del mercado se pudiese extender a todas las relaciones humanas y sociales y a todos los dominios que estaban sin regular o regulados de otra forma, el mismo

mercado se encargaría de establecer, sin fallo, el óptimo equilibrio tanto para las transacciones económicas como para la sociedad en su conjunto. De este modo, el mercado era una herramienta normativa, un principio ético absoluto más que un mecanismo regulador de la economía y, por lo tanto, el eje constitutivo de una utopía política conocida entonces como “el mercado de las ideas” (Mirowski, 1994).

Uno de los ámbitos prioritarios para aquellos neoliberales era propiamente el ámbito de la ciencia y del conocimiento. En su opinión era preciso extender la tutela del mercado a la ciencia no solamente para que ciencia e innovación, a través de la comercialización, pudiesen dar mejores frutos e impulsar la competitividad y el crecimiento, sino también porque sólo el mercado tenía la competencia necesaria para identificar y premiar la buena ciencia, penalizando el conocimiento inútil o perjudicial (Mirowski, 2011: 13-16). El objetivo fundamental de esos partidarios del neoliberalismo, por lo tanto, no era la comercialización de la ciencia per se, sino la incorporación de la ciencia y del conocimiento al mercado. Este objetivo, por otro lado, era más de naturaleza ética que económica ya que esta incorporación se consideraba más una etapa fundamental hacia la realización de una sociedad más eficiente que un nuevo paso hacia un mejor crecimiento.

En los años 50, estas ideas circulaban entre una minoría de economistas, sobre todo aquellos vinculados a la escuela de Chicago, mientras la mayoría de los países occidentales aplicaban teorías y modelos keynesianos e introducían medidas de políticas públicas orientadas a la construcción del estado social. Pero, después del colapso de los acuerdos de Bretton Woods y las crisis petrolíferas de 1973 y de 1979, las teorías neoclásicas se convirtieron en el modelo de referencia para las reformas económicas de los años 80. Durante esta fase, que Peck y Tickell llaman de *Roll Back*, el neoliberalismo empezó a marcar la agenda política, abriendo el camino a las privatizaciones de los servicios públicos básicos, la reducción de las prestaciones sociales, la desregulación a favor de la autorregulación de los mercados, la gradual restricción de la acción gubernamental a temas de política interna y asuntos exteriores, y el establecimiento del individualismo como principio antropológico dominante (Peck y Tickell, 2002). En esta primera fase, la ciencia misma se vio duramente afectada por los recortes de financiación pública que se introdujeron en Estados Unidos y Reino Unido principalmente.

Pero los resultados sociales y económicos de la fase de *Roll Back* no fueron tan buenos como originalmente se esperaban. Faltaba, sobre todo, un nuevo modelo de desarrollo económico que pudiese remplazar el modelo fordista de los años 60. Fue así como pronto empezó la segunda fase, la de *Roll Out*, en que el Estado vuelve a tomar la iniciativa, a implicarse en los asuntos económicos, pero esta vez desde una perspectiva nueva. Ya no se trataba de prestar servicios sociales, de actuar como entidad reguladora ni de integrar y corregir los fallos del mercado. Ahora se perseguía impulsar un nuevo modelo de desarrollo basado en la plena incorporación de la ciencia y de la innovación en el mercado y en introducir todas las medidas públicas necesarias para que este nuevo modelo económico, basado en la innovación y la comercialización de los avances científicos y tecnológicos, pudiese despegar. Nacía así la economía del conocimiento, por un lado, y el “estado de competición”, por otro lado (Benner y Löfgren, 2007).

Lo que aquí queremos especificar es que, en la fase de *Roll Out*, no fue solamente la ideología neoliberal la que marcó la evolución y el desarrollo de las nuevas tecnologías, sino que además estas nuevas tecnologías tuvieron un impacto relevante en la forma de entender e implementar el neoliberalismo. Mientras las nuevas políticas públicas neoliberales acercaban las empresas a los centros de investigación, privatizaban la educación y comercializaban las nuevas biotecnologías, los descubrimientos de la ingeniería genética y los procesos de manipulación de la materia viviente, el capitalismo también iba extendiendo su horizonte de acción a nuevas formas de explotación del capital: esta vez ya no del capital humano y del trabajo, sino del capital de la naturaleza (Birch et al, 2010), o de la capacidad regenerativa de los organismos vivientes (Waldby y Mitchell, 2006; Mitchell y Waldby, 2010; Waldby y Cooper, 2010). Un capitalismo cada vez más interesado en nuevas formas de extracción de lo que se ha definido *biovalue*, bio-valor, o *life surplus*, el superávit de la vida (Waldby, 2002; Novas, 2006; Cooper, 2008).

Mientras que los regímenes de propiedad intelectual se extendían a los seres vivos genéticamente modificados y los sistemas de salud se iban reestructurando según los principios de elección del paciente, responsabilidad individual e incorporación de pruebas genéticas para facilitar el desarrollo de una medicina personalizada, la forma de entender el capitalismo también iba evolucionando, abriéndose cada vez más a la incorporación de la materia viviente a los regímenes de producción y comercialización regidos por el mercado. Mientras que las nuevas medidas creaban desde la nada escasez de conocimiento, limitando el acceso e imponiendo fuertes barreras económicas en la producción, la distribución y explotación de lo que durante mucho tiempo había constituido un bien común (Birch, 2006), el neoliberalismo iba creando mercados donde antes había otras formas de regulación o ninguna regulación en absoluto, cumpliendo así sus predicciones y remplazando las normas éticas de gestión colectiva con la normas éticas del individualismo antropológico.

154

Este proceso, que representa un ejemplo expresivo de co-producción entre ciencia y orden social (Jasanoff, 2004), hace que ya no sea posible imaginar un régimen neoliberal *sin spin-offs* (empresas de base tecnológica), *venture capitals* (capitales de riesgo), patentes, transgénicos y biomasas, pero tampoco estos últimos tienen sentido fuera del contexto socio-político neoliberal. En otras palabras, la bioeconomía es un ejemplo de cómo la tecnociencia permite ciertas actividades económicas que, a su vez, permiten y promocionan la tecnociencia (Barry y Slater, 2002). Biotecnología e ideología neoliberal representan así las dos caras de una moneda, una moneda que se conoce como bioeconomía.

4. La bioeconomía en acción: la vaca-laboratorio y el mercado de la reproducción

A la luz de lo anterior, puede ahora parecer evidente que existe una relación mutuamente constitutiva entre bioeconomía y neoliberalismo, pero esta relación no es ni directa, ni simple, y puede dar lugar a resultados muy diferentes dependiendo del contexto socio-político y económico en que se genere y consolide. Contextos culturales y nacionales distintos, así como el poder y los recursos que los actores

principales tengan en estos contextos, tienen una capacidad de mediación muy fuerte en la relación entre teorías económicas y políticas públicas, y entre estas últimas y las prácticas diarias concretas. Dos ejemplos específicos, en un caso de una bioeconomía ya consolidada como la bioeconomía de la reproducción asistida y, en el otro, una bioeconomía potencial asociada a futuros desarrollos de la ingeniería genética farmacéutica, quizás puedan aclarar con más detalle cómo la relación permanente y circular entre ciencia y orden social se genera, articula y consolida en torno a las nuevas tecnologías.

Es iluminador el caso de la reproducción humana asistida, alrededor de la cual ya existe una economía consolidada y de gran crecimiento (Waldby y Mitchell, 2006; Waldby y Cooper, 2010; Pavone y Arias, 2011). Los grandes avances de las tecnologías de reproducción asistida y del diagnóstico preimplantacional y prenatal de los últimos 20 años, y la paralela explosión de la demanda de estas técnicas en los países más desarrollados, ha generado una situación donde, hoy en día, entre el uno y el dos por ciento de todos los nacimientos proceden de una fecundación asistida (Wright et al, 2008; Gleicher et al, 2006). En lo que ya se presenta como una bioeconomía madura es más fácil constatar que la relación de co-producción entre ciencia y orden social, en la práctica, se articula alrededor de tres procesos entrelazados y mutuamente constitutivos. El primer proceso, que es de reconfiguración tecnológica, se activa a través de las tecnologías de reproducción asistida, que permiten separar, extraer y manipular gametos, tejidos y embriones para que se conviertan en (bio)objetos: objetos, entre otras cosas, de transacciones económicas, como en el caso de la donación de óvulos o de implantación de embriones u óvulos de donantes. Pero este proceso de reconfiguración tecnológica no podría tener lugar sin un proceso paralelo, y mutuamente constitutivo, de reconfiguración normativa que legalmente permita estas transacciones, las impulse a través de especiales medidas de políticas públicas y las discipline según las normas fundamentales del individualismo antropológico, por un lado, y del modelo de sanidad neoliberal basado en la autonomía reproductiva, por otro lado. A su vez, el proceso de reconfiguración normativa da lugar a un proceso de reconfiguración social, que tiene el objetivo de proporcionar legitimidad social a la nueva bioeconomía encuadrando la reproducción humana como un fenómeno esencialmente individual. Esto abre el camino a una gestión necesariamente basada en los principios neoliberales de la elección del paciente, de la autonomía reproductiva y del consentimiento informado. Como resultado, por un lado, hay una creciente tendencia a considerar la infertilidad debida a la avanzada edad materna como una enfermedad que precisa tratamiento. Por otro lado, todos los factores políticos, sociales y económicos que llevan a la gran mayoría de las mujeres a acudir a IVF por avanzada edad materna, desaparecen de los debates sobre salud pública y cambios socio-demográficos (Pavone y Arias, 2011).

Pero dinámicas similares se pueden notar incluso en una de las áreas de investigación más controvertida y prometedora de la última década: el *biopharming*. Esta técnica, que es una versión avanzada de la ingeniería genética de los primeros organismos genéticamente modificados, reconfigura el genoma de animales o plantas para que produzcan principios activos de interés médico que hasta hoy sólo se podían sintetizar en laboratorio. Un caso ilustre es la vaca genéticamente modificada para

producir lactoferrina en su leche. Esta técnica no se limita a explotar la capacidad de la vaca de producir leche, sino que manipula sus características genéticas para convertirla en un laboratorio químico y así incorporarla al mercado como si fuera un medio de producción, una máquina. Y, como la vaca transgénica resulta patentada, todas las vacas de esta nueva versión, da igual cuánto hayan vivido y dónde, pertenecen a la empresa que tiene la patente. Es más, no son las vacas las que pertenecen a la empresa, sino la especie misma. Una vez más, la reconfiguración tecnológica operada a través de nuevas técnicas de ingeniería genética permite manipular y, en este caso, transformar la naturaleza de un ser biológico para permitir que cumpla unas funciones y procesos que proceden de la industria farmacéutica. La vaca transgénica se integra así en el proceso productivo capitalista en una forma radicalmente nueva: ya no como productor de leche, sino como laboratorio químico; ya no como vaca de raza frisona, sino como organismo genéticamente modificado con patente numerada.

No obstante, la mera reconfiguración tecnológica no sería de ninguna utilidad si, al mismo tiempo, no se generase en la sociedad un proceso de reconfiguración normativa que permita tanto a los propietarios de la industria farmacéutica como a sus laboratorios biológicos de fármacos (las vacas transgénicas) y a su productos finales (los medicamentos) poder operar, hacer circular y generar beneficios legalmente, protegidos por los derechos de propiedad intelectual, en todo el mundo. Lo que, a su vez, no podría ocurrir si, simultáneamente, no se abriese camino en la sociedad la idea que es legítimo y necesario producir medicamentos de estas nuevas formas, para así generar nuevos beneficios, nuevos empleos y ayudar a la economía del país productor a ser más competitiva.

156

La reconfiguración social es una etapa fundamental en el proceso de coproducción entre ciencia y orden social (Jasanoff, 2004) pero, como demuestran estos dos ejemplos, no se podría entender sin un análisis de la acción de los procesos de reconfiguración tecnológica y normativa. El resultado final es una extensión muy amplia de la tutela del mercado y de sus instrumentos normativos y políticos a procesos y áreas sociales previamente organizados bajo la tutela del estado social o del bien común, o simplemente no regulados. Sus inmediatas repercusiones se pueden ya apreciar en el caso de la reproducción asistida, donde la progresiva infertilidad natural asociada a la edad avanzada de la mujer y del hombre se configura cada vez más como enfermedad con derecho a tratamiento (Pavone y Arias, 2011), y en el caso del *biopharming* también, ya que se habla cada vez más de la naturaleza como capital (Birch et al, 2010) o de la naturaleza neoliberal (Brockington e Igoe, 2007).

Estos dos ejemplos quizás aclaren cómo, en el proceso de co-producción entre bioeconomía y neoliberalismo, se articula en concreto una interacción mutuamente constitutiva basada en los procesos de reconfiguración social, tecnológica y normativa. Aunque estos procesos estén operando a nivel global, a medida que se extienden las tecnologías y las normas reguladoras que disciplinan su investigación, comercialización e implementación, es importante subrayar que en la relación entre neoliberalismo y bioeconomía, las relaciones de poderes nacionales y regionales y las estructuras verticales juegan un papel fundamental. Sobre todo, es importante

subrayar el papel de las políticas públicas y de las epistemologías cívicas (Jasanoff, 2005; Miller, 2008), que son elementos de conexión fundamentales entre las representaciones teóricas de los modelos económicos y políticos (ya sean neoclásicos o no) y las normas y las prácticas que efectivamente regulan los mercados.²

No sorprende, por lo tanto, que a pesar del gran esfuerzo económico y político que los países occidentales han hecho para promocionarla, la bioeconomía en su conjunto no haya evolucionado según lo que pronosticaba la teoría ni haya conseguido materializar los beneficios tecnológicos y económicos prometidos. Esta discrepancia, nos advierte Birch (2007), no se debe exclusivamente a fallos de mercado o a retraso tecnológico, ya que procede también de la discrepancia entre la representación virtual de la bioeconomía y sus prácticas reales, cuyo funcionamiento efectivo se debe a muchos factores que no son tomados en cuenta en las representaciones teóricas de los mercados elaboradas por los modelos neoclásicos.

Independientemente del éxito real, esta discrepancia no ha impedido a los *policy-makers* (responsables políticos), inspirados por estas representaciones teóricas, el realizar unos cambios radicales en las políticas de regulación, apropiación y comercialización de la ciencia y de la tecnología, extendiendo la tutela de los mecanismos del mercado a espacios naturales y sociales anteriormente regulados de otra forma, como la educación y el conocimiento científico, o no regulados, como los espacios naturales salvajes o los perfiles genéticos de plantas y animales.

157

Conclusiones

La situación económica en que se encuentran los países europeos a partir de 2008, cuando empezó la mayor crisis económica desde 1929, hace muy difícil imaginar cómo pueda evolucionar la bioeconomía. A pesar de los drásticos recortes a la ciencia y a la innovación, tanto las políticas públicas de propiedad intelectual y patentes como las políticas de regulación e investigación no se han enfrentado a modificaciones relevantes, y el papel del mercado y de sus dinámicas sigue siendo determinante tanto en la producción como en la comercialización de la ciencia y de la tecnología. Como consecuencia, es razonable imaginar que la bioeconomía, como visión socio-económica y como proyecto tecno-político, seguirá siendo protagonista del próximo futuro, incluso en el caso de que la crisis tarde mucho en superarse y las restricciones presupuestarias se extiendan a los próximos años.

2. El concepto de epistemología cívica ha sido propuesto por Sheila Jasanoff para mejor abordar y estudiar la relación entre la ciencia, el público y el orden social. Mientras el enfoque conocido como percepción pública de la ciencia presupone que hay un conocimiento científico universalmente válido con respecto al cual se pueda medir el grado de conocimiento y aceptación de los ciudadanos, las epistemologías cívicas ponen el enfoque en los procesos y los factores que llevan, en cada contexto sociopolítico, a los ciudadanos y las instituciones a considerar cada conocimiento científico como válido y dotado de autoridad. Tomando en cuenta distintos factores, como las bases de la competencias, el sistema de responsabilidad, los estilos de conocimiento científico y los criterios utilizados para medir la objetividad, el enfoque de las epistemologías cívicas permite así comparar distintos países con distintas culturas.

Este artículo ha intentado mostrar cómo la bioeconomía es un concepto que representa más que una simple evolución de la economía del conocimiento, aunque forme parte de esta última. A través de una genealogía del término, que se remonta a las ideas neoliberales elaboradas en los años 50 en Estados Unidos, se ha tratado también de mostrar cómo la bioeconomía resulta ser una visión socio-económica que impulsa y realiza (*enact*) un proceso de reconfiguración política y tecnológica de la sociedad. En este proceso, las ideas neoliberales y las biotecnologías tienen una relación mutuamente constitutiva, lo que hace de la bioeconomía un ejemplo revelador de cómo la co-producción de ciencia y orden social se genera y se realiza concretamente en nuestros contextos políticos, tanto a nivel nacional como a nivel global. De cara a este proceso de co-producción, se han identificado y presentado las dinámicas y las etapas que permiten a la bioeconomía incorporarse en la sociedad: el encuadramiento tecnológico, la articulación de promesas y expectativas, la movilización de recursos económicos y políticos, la identificación de los obstáculos en la sociedad misma y, finalmente, la presión hacia las autoridades gubernativas para reformar los regímenes de regulación, apropiación y comercialización de la ciencia y la tecnología.

En sintonía con la teoría de la coproducción entre ciencia y orden social, este proceso nos revela la relevancia y el alcance de la relación mutuamente constitutiva entre neoliberalismo y bioeconomía. Por lo tanto, en las últimas dos secciones del artículo se ha intentado mostrar no sólo la manera en la que se ha originado y consolidado esta relación, sino también a través de qué procesos sigue implementándose y con qué tipo de implicaciones. Finalmente, mediante los ejemplos de la reproducción humana asistida y del *biopharming*, se ha puesto en evidencia cómo ese proceso de co-producción entre ciencia (en este caso las biomedicinas y las biotecnologías) y orden social (en este caso las ideas y principios neoliberales) ni es directo, ni es simple, sino que es mediado por distintos factores nacionales o locales (como las estrategias de desarrollo de políticas públicas y las diversas epistemologías cívicas) y se realiza a través de un proceso complejo de reconfiguración tecnológica, social y normativa en el que el papel de las tecnologías y de las políticas públicas es fundamental y constitutivo.

Este resultado nos lleva a elaborar dos conclusiones preliminares sobre el reto que la bioeconomía supone para la ciencia, la política y la sociedad. La primera es que los procesos de reconfiguración social, tecnológica y normativa que están a la base del progresivo atrincheramiento de la bioeconomía en nuestras sociedades están extendiendo lentamente la tutela del mercado, de sus principios y de sus dinámicas, a espacios sociales y naturales previamente regulados por otros principios o simplemente no regulados. Esta extensión está reduciendo significativamente los espacios concretos y teóricos de bien común, de acción colectiva y de cohesión social. Tal y como pretendían los neoliberales del *Mount Pelerin*, gracias a la bioeconomía, el mercado, con su racionalidad económica y su individualismo antropológico, se está convirtiendo, en las representaciones teóricas de la sociedad ideal, en el mecanismo ético y cognitivo fundamental en la gestión de los recursos naturales y de las relaciones humanas. Mientras el caso es que no se han materializado de momento los beneficios económicos y tecnológicos prometidos, este proceso está generando artificialmente una reducción de las oportunidades de acceso

a los avances científicos y tecnológicos, concentrando el control y la repartición de estos bienes en pocas manos y ralentizando el proceso de innovación y difusión del conocimiento.

La segunda conclusión es que, como nos recuerda el caso del biopharming, la reconfiguración tecnológica de la bioeconomía está convirtiendo animales de laboratorio en animales-laboratorio. Los organismos transgénicos reconfigurados para producción de fármacos ya no son simplemente especies o variedades distintas, son laboratorios bio-industriales de productos farmacéuticos y, como tales, se pueden poseer, distribuir y comercializar según las reglas económicas que son propias de las maquinarias y no de los animales. Una vez que una manipulación genética convierte organismos vivos en medios de producción, la naturaleza ya no es simplemente un conjunto de recursos naturales y biológicos apto para la explotación, sino que una forma de capital.

Esta transformación cuestiona radicalmente tanto nuestra relación con los demás organismos vivos como nuestra relación con la propia naturaleza, ya que esta última deja de ser un conjunto de recursos apto para la explotación y se convierte en parte integrante y constitutiva del capitalismo mismo. A la luz de lo que ocurre en países como Argentina, donde la soja no transgénica ha sido casi totalmente desplazada por las sojas transgénicas patentadas, no podemos dejar de formular la siguiente pregunta: ¿será la bioeconomía el principio del fin de la naturaleza de código abierto?

159

Bibliografía

BARRY, A. y SLATER, D. (2002): "Introduction: the technological economy", *Economy and society*, 31, pp. 175-193.

BIRCH, K. (2006): "The neoliberal underpinnings of the bioeconomy: the ideological discourses and practices of economic competitiveness", *Genomics, Society and Policy*, 2, pp. 1-15.

BIRCH, K. (2007): "The virtual bioeconomy: the failure of performativity and the implications for bioeconomics", *Distinktion: Scandinavian Journal of Social Theory*, 14, pp. 83-99.

BIRCH, K., LEVIDOW, L. y PAPAIOANNOU, T. (2010): "Sustainable capital? The neoliberalization of nature and knowledge in the European 'knowledge-based bioeconomy'", *Sustainability*, 2, pp. 2898-2918.

BROCKINGTON, D. e IGOE, J. (2007): *Neoliberal Conservation: A Brief Introduction*.

CHILVERS, J. y BURGESS, J. (2008): "Power relations: the politics of risk and procedure in nuclear waste governance", *Environment and Planning A*, 40, pp. 1881-1900.

COOPER, M. (2008): *Life as surplus: Biotechnology and capitalism in the neoliberal era*, University of Washington Pr.

EU COMMISSION (2002): *Life Sciences and Biotechnology-a Strategy for Europe: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*, Office for Official Publications of the European Communities.

EU COMMISSION (2004): *Towards a European knowledge-based bioeconomy*, Luxemburgo, Office for Official Publications of the European Communities.

EU COMMISSION (2007): *En route to the Knowledge-based Bio-economy*, Bruselas, European Commission, 1-23l.

EU COMMISSION (2010): *The Knowledge-based bio-economy (KBBE) in Europe: achievements and challenges*, Bruselas, Flemish Government 1-68l.

GLEICHER, N., WEGHOFER, A. y BARAD, D. (2006): "A formal comparison of the practice of assisted reproductive technologies between Europe and the USA", *Human Reproduction*, 21, pp. 1945-1950.

HEDGECOE, A. (2004): *The politics of personalised medicine: pharmacogenetics in the clinic*, Cambridge University Pr.

160 HEDGECOE, A. y MARTIN, P. (2003): "The Drugs Don't Work", *Social Studies of Science*, 33, pp. 327-364.

HOPKINS, M. M., MARTIN, P. A., NIGHTINGALE, P., KRAFT, A. y MAHDI, S. (2007): "The myth of the biotech revolution: An assessment of technological, clinical and organisational change", *Research Policy*, 36, pp. 566-589.

IN, A. I. S. P. P. (2001): *Fostering the Bioeconomic Revolution*.

JASANOFF, S. (2004): *States of knowledge: the co-production of science and social order*, Psychology Press.

MACNAGHTEN, P., KEARNES, M. B. y WYNNE, B. (2005): "Nanotechnology, governance, and public deliberation: what role for the social sciences?", *Science communication*, 27, p. 268.

MEADOWS, D. H., MEADOWS, D. L., RANDERS, J., BEHRENS, W. W. y OF, R. C. (1972): *The limits to growth*, Universe books New York.

MIROWSKI, P. (1994): "A Visible Hand in the Marketplace of Ideas: Precision Measurement as Arbitrage", *Science in Context*, 7, pp. 563-589.

MIROWSKI, P. (2011): *Science-mart: privatizing American science*, Harvard University Press.

MIROWSKI, P. y PLEHWE, D. (2009): *The road from Mont Pèlerin: the making of the neoliberal thought collective*, Harvard Univ Press.

MITCHELL, R. y WALDBY, C. (2010): "National Biobanks: clinical labor, risk production, and the creation of biovalue", *Science, Technology & Human Values*, 35, p. 330.

NOVAS, C. (2006): "The political economy of hope: patients' organizations, science and biovalue", *BioSocieties*, 1, p. 289.

OCDE (2006): *Scoping document: The bioeconomy to 2030: Designing a policy agenda*, París, OCDE, 382-286l.

OCDE (2009): *The Bioeconomy to 2030: Designing a policy agenda*, París, OCDE, 1-18l.

PAVONE, V. y ARIAS, F. (2011): "Beyond the Geneticization Thesis: The Political Economy of PGD/PGS in Spain", *Science, Technology & Human Values*.

SHEEHAN, P. y TEGART, G. (1998): *Working for the future: technology and employment in the global knowledge economy*, Victoria University Press for the Centre for Strategic Economic Studies.

WALDBY, C. (2002): "Stem cells, tissue cultures and the production of biovalue", *Health*, 6, p. 305.

161

WALDBY, C. y COOPER, M. (2010): "From reproductive work to regenerative labour", *Feminist Theory*, 11, pp. 3-22.

WALDBY, C. y MITCHELL, R. (2006): *Tissue economies: Blood, organs, and cell lines in late capitalism*, Duke University Press Books.

WRIGHT, V. C., CHANG, J., JENG, G., MACALUSO, M. y CENTERS FOR DISEASE CONTROL & PREVENTION (2008): "Assisted reproductive technology surveillance - United States, 2005", *MMWR. Surveillance summaries: Morbidity and mortality weekly report. Surveillance summaries / CDC*, 57, pp. 1-23.

Lo que sabemos e ignoramos: del conocimiento cotidiano a la comprensión de la tecnociencia *

What we know and what we do not know: from common knowledge to the comprehension of technoscience

Clara Barroso **

La difusión social de la ciencia y la tecnología es un tema recurrente en diferentes foros de política educativa, así como en foros científicos. Es un tema crucial en los foros de discusión sobre la gobernanza de la ciencia y en los debates sobre ética y ciencia. En la revisión de la documentación al respecto se encuentran afirmaciones sobre la necesidad de una adecuada alfabetización y difusión de conocimientos científicos y técnicos, y de una actualización en los currículos de educación formal, pero sin abordar el análisis de los componentes cognitivos que hacen posible que las actuaciones propuestas generen el resultado deseado: la comprensión de las nuevas teorías y realizaciones tecnológicas que de ellas se derivan y conforman el entorno científico actual. A menudo se omite igualmente la necesidad de proyectar procesos de actualización del conocimiento que operen en contextos sociales amplios como instrumento para el logro de una ciudadanía cualificada para evaluar la deseabilidad social de tecnologías que se están incorporando a la vida cotidiana, como es el caso de la nanotecnología. Este trabajo reflexiona sobre ambos aspectos, buscando las claves que impulsen propuestas de formación, actualización y difusión social de los conocimientos techno-científicos.

163

Palabras clave: difusión social de la tecnociencia, construcción de conocimiento significativo, educación formal, evaluación social de la tecnociencia

The social diffusion of science and technology is a recurring topic in both education policy and science forums. It is also a crucial topic in forums discussing governance of science and in debates on ethics and science. Numerous documents covering this topic find assertions on the need to diffuse scientific and technical knowledge, promote literacy in these areas and update the formal education curricula, but they do not provide an analysis of the cognitive components that make it possible for the proposed actions to generate the desired results: the comprehension of new theories and the technological achievements that are derived from them and make up the current state of science. Frequently omitted is also the need of promoting and updating knowledge processes, in order to operate in broad social contexts and achieve a public capable of evaluating the social desirability of all those technologies that are being incorporated into daily life, such as nanotechnology. This work reflects upon both aspects and searches for the keys to promote training, update and diffusion of techno-scientific knowledge to society.

Key words: social diffusion of technoscience, construction of meaningful knowledge, formal education, social evaluation of technoscience

* La investigación que se recoge en este texto ha sido apoyada por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) mediante el proyecto "Evaluación del proceso de transferencia de nuevos materiales nanotecnológicos en equipos de diagnóstico y tratamiento médico", Evalnanomed (C200801000076).

** Profesora Titular de la Universidad de La Laguna. Doctora Asociada en el *European Centre for Soft Computing* (Mieres-Asturias, España).

Introducción

En el documento de la Unión Europea *Communicating Nanotechnology* aparece la idea de cambiar el modelo basado en “comprensión pública de la ciencia” a otro basado en una “comprensión científica de lo público” (*European Commission*, 2010: 33).¹ Este trabajo se inicia desde esa necesidad de analizar racionalmente lo público a la hora de abordar los problemas de difusión social de los conocimientos científicos y tecnológicos, comenzando con la aproximación a lo que denominaremos “conocimiento cotidiano”.

Inicialmente podemos aproximarnos al conocimiento cotidiano desde lo que Bruner define como “la psicología popular”. Esta psicología popular se construye desde los iniciales procesos comunicativos en los que la narración compartida construye los entornos de significación de los objetos y del mundo que nos rodea y en el que los procesos sociales se producen.

De este modo la psicología popular nos inicia en los procesos de comprender, mediante la creación de “actos de significado”, quiénes somos (“el yo”), quiénes comparten con nosotros el tiempo y el espacio (“los otros”), y el entorno en que se producen los procesos de comunicación entre los humanos (“el mundo”) (Bruner, 1991). En estos procesos de intercambio de comunicación se generan y desarrollan los contextos de interpretación que aportan las claves para discriminar entre cosas tales como la experiencia real y la experiencia narrativa y que constituyen los basamentos del conocimiento que cada individuo va a desarrollar a lo largo de su vida. Esta distinción permite comprender lo que es real en el ámbito de la experiencia compartida y lo que es subjetivo (tanto en términos de individuo como en términos de grupos sociales).

164

1. La construcción del conocimiento cotidiano: el punto de partida

El conocimiento cotidiano se asienta en las representaciones abstractas de las percepciones de objetos que pertenecen a la realidad de nuestra experiencia vivida. Así, el primer escalón del conocimiento lo constituyen las oportunidades del entorno físico en que cada individuo se desarrolla, los estímulos que pueden procesarse orgánicamente. Se necesitan experiencias e interacción física con el mundo real para obtener percepciones sensoriales. Asignando significado a estas percepciones sensoriales comprendemos el mundo real en que estamos inmersos; por ello, estas experiencias físicas son la base de la construcción del “acervo de significados” que cada individuo empleará en su comprensión de la realidad en que se desarrolla.

El segundo escalón está vinculado a la capacidad (que es en parte intrínseca y en parte inducida por el contexto en que cada individuo comienza su desarrollo cognitivo) que cada individuo posee para compartir significados de los estímulos físicos que

1. En inglés, “*public understanding of science*” y “*scientific understanding of public*”.

puede procesar cerebralmente. En este nivel, el proceso de construcción de significados está fuertemente mediatizado por el contexto cultural (significados compartidos) en que cada individuo experimenta los estímulos físicos; así, el aprendizaje del acervo de significados compartidos es la puerta de acceso a la cultura del grupo.

El lenguaje, como instrumento de construcción de significados, es en este ámbito fundamental. Un ejemplo clásico es el del dominio lingüístico de los inuit; para ellos carece de significado el término “nieve”. En su cultura existen términos para designar “nieve en el suelo”, “nieve derretida”, “nieve en el aire”. En el contexto físico (Ártico) en que se desarrolla su cultura, es crucial para la supervivencia el percibir los diferentes estados de la nieve, por lo que se atribuyen distintos significados a cada uno de los posibles estados. Mediante estos diferentes significados conocen los problemas a que se pueden enfrentar y se atribuyen posibles soluciones a diferentes problemas. Por tanto, el compartir significados permite la interacción adecuada con otros individuos de un mismo entorno físico y cultural y compartir dicho conocimiento para tomar decisiones. La interacción con el entorno físico para adquirir significados exige actuar en el medio y la interacción con el entorno social permite compartir significados en ese contexto, lo que requiere actuar en sociedad. Ambos aspectos serán cruciales para construir lo que Dewey va a denominar la “construcción de la experiencia compartida” (Dewey, 2007).

En conclusión: la percepción es imposible sin experiencias físicas; el significado viene determinado por el entorno en que la percepción tiene lugar y dicho significado no se construye al margen de la experiencia social del contexto físico.

165

En su fase inicial, este proceso se produce en el contexto inmediato de cada individuo de forma espontánea y constituye los primeros elementos de construcción de su conocimiento. Es lo que podemos denominar como educación informal. En las sociedades de conocimiento y tecnología complejas, tras esta primera experiencia de acceso al entorno cultural, se inicia el proceso de formación sistemática vinculada al acceso al conocimiento por medio de la educación formal.

La educación formal está vinculada al acceso a los conocimientos que la sociedad, a través de los expertos y responsables políticos, decide que son los necesarios para comprender el mundo en que este individuo ha de vivir: el currículum. Se espera que este currículum sea la puerta que permita dotar de significado a todo aquello que no forma parte de su experiencia cotidiana. Así se inicia un nuevo proceso en que experiencias indirectas (contenidos) han de entrar a formar parte de su acervo de conocimientos y se inicia el proceso que hará posible dotar de significado a realidades que no se perciben ni forman parte de la experiencia cotidiana: se accede al conocimiento científico. Así surge lo que vamos a denominar el conocimiento cotidiano de lo no cotidiano.

2. El conocimiento cotidiano de lo no cotidiano

La mayor parte de las realidades sobre las que reflexiona la ciencia son realidades que no forman parte de las experiencias que, como organismos y miembros de una sociedad, podemos percibir: las formas de vida microscópicas o no vinculadas a nuestro entorno (bacterias, formas de vida de los fondos abisales o en cráteres); entidades abstractas como teoremas o reglas lingüísticas; realidades macroscópicas, como las galaxias o ínfimas como los elementos atómicos; procesos que se producen en escalas temporales que superan la experiencia directa por producirse en escalas temporales lentas (crecimiento, evolución de especies) o rápidas (reacciones químicas); propiedades que se pueden medir indirectamente pero que no son sensorialmente perceptibles (conductividad de la electricidad o del calor). Todo ello son ejemplos que, formando parte del conocimiento científico, exceden los límites de percepción que se posee en la experiencia inmediata del medio en que se desarrolla nuestra vida cotidiana. La primera barrera, por tanto, a la hora de conocer muchos de los objetos de estudio de la ciencia es una barrera de tipo físico.²

Junto a esta barrera física se debe considerar la barrera cognitiva. En el ámbito cotidiano, la experiencia aporta la adquisición de informaciones que poseen significado en la medida en que capacitan para resolver los problemas a que nos enfrentamos en nuestra vida cotidiana. La resolución satisfactoria de estos problemas refuerza las evidencias empíricas que forman parte del acervo de conocimientos de los individuos que comparten una cultura. Es un proceso inductivo en el que la validez de un método para la resolución de problemas significativos refuerza e incrementa la fiabilidad de unas opciones posibles en la resolución de problemas de acuerdo con los resultados obtenidos. Este acervo no es sistemático, no se desarrolla mediante pautas organizadas de razonamiento e indagación ni se fundamenta en patrones o modelos racionales previos; no es universal, es contingente a las experiencias que se desarrollan en el contexto en que se desenvuelven los sujetos, y ese contexto es tanto físico como cultural.

Más aún, diferentes entornos en un mismo contexto cultural puede atribuir significados distintos a una experiencia. Es el caso de la construcción de significados inducida por el entorno en que se produce una experiencia, tanto en ámbitos de la vida cotidiana como en ámbitos científicos. Así lo que en una panadería significa “pan” es diferente a lo que significa “pan” en una orfebrería; lo que para una persona en una verdulería no es más que una “romanesca” en el contexto de las matemáticas puede interpretarse como un modelo fractal; lo que significa “plasma” para un médico es diferente de lo que significa para un físico.

2. Esta característica es especialmente relevante en el caso de la nanotecnología ya que opera con objetos de dimensiones (nanómetros) que exceden por abajo, evidentemente, el rango de tamaño que los humanos podemos percibir sensorialmente.

3. Comunicar lo que no pertenece a la experiencia cotidiana

En un intento de acercar el conocimiento científico a los parámetros de la experiencia cotidiana, se han elaborado imágenes, metáforas, representaciones o modelos que pretenden acercar la realidad objetiva que no podemos percibir a parámetros que hagan posible que esos mundos formen parte de nuestra experiencia sensorial. Estos recursos formarán parte de lo que vamos a considerar el “conocimiento cotidiano de lo no cotidiano”. La representación del código genético mediante el modelo espiral de apareamiento de bases; la representación mediante imágenes de fotografías cromatografiadas de galaxias; las representaciones icónicas de modelos atómicos; las ilustraciones de nanotubos, o las imágenes cromatografiadas de átomos en experimentos nanotecnológicos son ejemplos de este tipo de intervención. A través de estas representaciones nos iniciamos en el “conocimiento cotidiano de lo no cotidiano” mediante la evocación e interpretación de imágenes que no corresponden la realidad objetiva sino que son la expresión, a nivel sensible, de esas realidades que no son perceptibles.³

Estos recursos, desarrollados en el ámbito cercano a la ciencia, son comprendidos por la comunidad científica, capaz de “interpretar sus significados”; sin embargo, en el entorno social no especializado (si bien pueden ser de gran valor para incitar la imaginación), es necesario que sean comprendidos como lo que son: una representación, no una realidad. Comprender la distancia entre lo representado o imaginario y la realidad requiere del conocimiento que permita transitar entre estos dos mundos: el de lo real y el de la representación. Requiere de los recursos cognoscitivos que permitan comprender los límites entre lo real y lo narrativo.

167

En este cometido dos son los instrumentos a nuestra disposición: por un lado la educación básica obligatoria (educación formal), y por otro, la difusión social del conocimiento.

La educación básica obligatoria requiere, como se ha indicado, de una puesta al día que, lejos de constituir una simple modificación del currículo, debería orientarse por lo que ya en 1980 proponía Ziman, a saber: enseñar menos de la ciencia y más sobre la ciencia (Ziman, 1985). No es cuestión de engordar currículos incorporando más temas, sino de hacer revisiones profundas sobre las informaciones que los estudiantes, en el mejor de los casos, van a “aprender”. Comprender la ciencia no es saber más teorías o teoremas: es comprender el sentido de este conocimiento y cuáles son sus fundamentos epistemológicos, metodológicos y sus objetivos. Hacer de la formación básica el pilar de la comprensión es “educar” por encima de “enseñar”; es “comprender” por encima de “aprender”; en suma es permitir que lo que se enseña y se aprende sea significativo para entender el mundo en que nos movemos.

3. A estos recursos, aceptados convencionalmente por la comunidad científica, habría que añadir las representaciones que, desde el mundo de la ficción, se proponen (en ocasiones cercanas a la realidad científica y en muchas más ocasiones alejadas de la misma). Todo ello formará parte de la imaginaria cotidiana de la ciencia.

Sobre la difusión social de los conocimientos científicos, si bien es un tema ampliamente contemplado en foros de discusión científicos, no se han realizado análisis realistas sobre el mismo, lo que exige, entre otras cosas, del reconocimiento en la propia comunidad científica de la relevancia de esta ocupación. Paradójicamente, cada vez son más los intereses en hacer comprender la importancia de la investigación científica, ya que se confía en que esta comprensión incrementaría tanto la gobernanza social de los productos tecnocientíficos, como la propia aceptación de muchos de estos productos que, en ocasiones, son socialmente rechazados por falta de conocimiento real de sus beneficios y riesgos asociados.

En consecuencia, la difusión social del conocimiento queda sujeta a acciones voluntarias que carecen del reconocimiento y sistematicidad necesarias para constituir una herramienta que permita que los ciudadanos no científicos comprendan significativamente cuáles son los logros, desafíos y riesgos de la producción científica y tecnológica. Más aún, estas acciones son puntuales y carecen de la proyección temporal necesaria para constituir un instrumento no sólo de acceso al conocimiento actual, sino (más importante) de actualización permanente.

4. I+D+i y la comprensión de la ciencia y la tecnología

Durante periodos anteriores a la revolución industrial, la producción científica se movía en el campo no profesional; a medida que se descubren posibilidades de utilizar el conocimiento científico para producir bienes de interés económico o social, se profesionaliza no sólo el quehacer del investigador sino también su potencial en el desarrollo de aplicaciones. Esto plantea un nuevo escenario en que los investigadores se comprometen con la necesidad de justificar su labor en términos de aplicabilidad.

A mediados del siglo XX ya se proponían prospectivas de desarrollos intelectuales exagerando (como hoy sabemos) la potencialidad de estos desarrollos en su dimensión aplicada. Una muestra de ello es el ejemplo siguiente:

“Resumiendo, tenemos ahora los elementos de una teoría heurística (en contraste con algoritmos) de solución de problemas; y podemos usar esa teoría tanto para entender los procesos heurísticos humanos como para simular esos procesos en computadores digitales. La intuición, comprensión y aprendizaje ya no son posesión exclusiva de los humanos: cualquier gran computador puede ser programado para mostrar también estos procesos” (Simon y Newell, 1958).⁴

4. *“In short, we now have the elements of a theory of heuristic (as contrasted with algorithmic) problem solving; and we can use this theory both to understand human heuristic processes and to simulate such processes with digital computers. Intuition, insight, and learning are no longer exclusive possessions of humans: any large high-speed computer can be programmed to exhibit them also.”*

Actualmente nos encontramos en una dimensión cualitativamente distinta. A diferencia de lo que se exigía a la producción científica en el siglo XX, lo que pretende la I+D+I en el siglo XXI se fundamenta en una filosofía vinculada a la generación de insumos económicos. Así, en 2006 Esko Aho afirma:

“Investigación es invertir dinero para obtener conocimiento, mientras que innovación es invertir conocimiento para obtener dinero”.⁵

En este contexto las perspectivas e interés de los desarrollos científico-tecnológicos se justificarán, por tanto, en su capacidad de incrementar las ganancias financieras; la importancia que esta tendencia adquiere impulsa la necesidad de justificar la relevancia de la investigación científica en términos monetarios.

“Hace cinco años, el editorial en el primer número de Nature Nanotechnology comenzaba como sigue: ‘Dependiendo de a quién preguntes, la nanotecnología se inició en 1981, 1974, 1959 o en la Edad de Bronce’. Esto es aún cierto. ‘Y depende de lo que consideres, y las definiciones que se utilicen’, el artículo continuaba, ‘el mercado mundial de los productos nanotecnológicos tendrá un valor de \$2600 billones en 2014, o \$1000 billones en 2015’”.⁶

169

En consecuencia, los científicos se ven obligados a justificar su quehacer no sólo en términos de desarrollo intelectual; más allá de esto, la gran justificación de la producción científica se vincula a la posibilidad de su rentabilidad económica mediante la aplicación de sus hallazgos a productos de consumo general.

Un ejemplo significativo lo constituye el desarrollo en ingeniería genética y las expectativas que ha suscitado. El gran auge de desarrollo en este campo ha sido posible gracias al incremento de los beneficios económicos que este tipo de investigación ha generado en grandes corporaciones industriales. A su vez, pocos ámbitos del actual panorama de la investigación han dado lugar a tanta discusión social como la producida en torno a determinados productos y procesos de la ingeniería genética.

Las principales fuentes de difusión social sobre ingeniería genética han sido los activistas ecologistas y las grandes corporaciones industriales. Los primeros

5. Intervención en la Conferencia Inaugural de “Europe Innova 2006”. Cita referenciada por Alejandro Jadad y Julio Lorca (2007).

6. Referencia bibliográfica: “Five years ago, the editorial in the first issue of Nature Nanotechnology started as follows: ‘Depending on who you ask, nanotechnology started in 1981, 1974, 1959 or the Bronze Age’. That is still true. ‘And depending on who you believe, and the definitions they use’, the article went on, ‘the world market for nanotechnology products will be worth \$2600 billion in 2014, or \$1000 billion in 2015.’” “The story so far”, editorial 2011, *Nature Nanotechnology*, vol. 6.

advertían de graves consecuencias no deseables, vislumbrando riesgos en términos de biodiversidad, gestión económica de los productos, y posibles efectos colaterales no deseados. La información que provenía de la industria, en cambio, presentaba la oportunidad para incrementar el rendimiento agrícola al desarrollar variedades que resistirían a parásitos y a los herbicidas, y que permitirían controlar el proceso de maduración de algunos productos. La industria presentaba a los posibles usuarios estos procesos con grandes ventajas, al permitir un mejor control del crecimiento de los productos, garantizando una mayor productividad y un manejo más flexible de los cultivos. La información que provenía de la industria inducía a considerar que determinadas aplicaciones de la ingeniería genética constituirían un potente instrumento de desarrollo (a pesar de defender con patentes férreas los productos que producían).

A ello hay que añadir que el conocimiento público de este campo ha estado fuertemente mediatizado por un desconocimiento general de aquellos objetos (genes) y procesos (modificación genética) sobre los que se informaba, y los conocimientos que sobre genética se difundían en el ámbito de la educación formal han estado desfasados.

Con todo ello, el caldo de cultivo para la aparición de un conflicto social, basado en expectativas (en ocasiones extremas y no del todo reales) en torno a la ingeniería genética estaba servido.

170

En este entramado de conflictos no hemos de olvidar el papel que jugaban los científicos, cuyos intereses de investigación estaban fuertemente mediatizados por las políticas de I+D+i que impulsaban la investigación orientada a los vínculos entre investigación y generación de beneficios económicos de las empresas que sustentaban sus investigaciones.

Un ejemplo de cómo se han difundido socialmente expectativas que no corresponden con los problemas científicos a que se enfrenta este ámbito tecnocientífico puede ejemplificarse en la siguiente cita:

“Cada día aparecen, tanto en prestigiosas revistas científicas como en las sensacionalistas, discusiones sobre los aspectos sociales, legales, éticos y científicos de la terapia genética, la fertilización in vitro o los alimentos transgénicos. Por supuesto, estas discusiones acaparan también la atención de muchos especialistas en bioética que relegan otros asuntos como por ejemplo los relacionados con una justa distribución de los recursos médicos limitados. Últimamente, en especial desde el nacimiento de la oveja Dolly, el tema de clonar seres humanos ocupa el interés de muchos” (De Melo, 2003).

En el ámbito de control de efectos no deseados, pocos han sido los avances científicos y tecnológicos. Las evidencias empíricas muestran que existe propagación de especies modificadas más allá de los ámbitos en que se ha actuado con estas especies. A su vez, los rasgos fenotípicos deseados no siempre son estables ya que

dependen en primer lugar del entorno genético intervenido y del entorno ambiental en que se producen las variedades modificadas genéticamente.

Como consecuencia, la contestación social en contra de determinadas aplicaciones de la ingeniería genética ha sido y sigue siendo un campo de discusión en el que, en ocasiones, poco se habla de lo que realmente hace o propone la propia ciencia.

5. Nanociencia y nanotecnología: los retos a que nos enfrentamos

En la actualidad la nanociencia y nanotecnología investigan sobre biomateriales utilizados durante siglos por culturas tradicionales (por ejemplo, seda y tela de araña) o materiales inorgánicos (azul Maya, púrpura de Han, azul Egipcio) para localizar principios activos o propiedades físicas que han hecho que estas culturas los hayan usado con éxito para solventar algunos de sus problemas cotidianos. El estudio de la composición de estos materiales ha permitido comprender que determinados tipos de ensamblaje a nivel atómico o molecular confieren propiedades de alto valor a estos materiales.

Estos conocimientos tradicionales son, por tanto, utilizados como fuente primaria de conocimiento. Si bien los resultados de investigación distarán mucho del conocimiento fuente, el hecho de hacer visible que algunos de los hallazgos exitosos en antiguas tradiciones técnicas pueden explicarse y reproducirse desde el conocimiento actual puede estimular la comprensión y aceptación social de las prácticas en el ámbito de la nanotecnología.

171

Se ha de puntualizar que comprender los procesos moleculares que permiten que materiales como la tela de araña o la seda sean a la vez estructuras flexibles, elásticas, ligeras y fuertes, exige no sólo imaginación sino comprensión de lo que es una molécula, qué es un ensamblaje molecular, cómo las moléculas ensambladas generan proteínas, etc. Cómo podemos intervenir con estos pequeñísimos elementos de la materia para producir materiales que solucionen problemas como construir edificios menos pesados, o reproducir propiedades como la hidrofobia, exige la comprensión de conocimientos básicos en química, física y biología que exceden los límites de los actuales currículos de educación formal. Difícilmente van a poder ser comunicados en contextos de difusión social a menos que se sistematicen y planifiquen unos procesos en los que, paso a paso, los ciudadanos no especializados accedan a la comprensión significativa de qué es la materia y por qué existen determinadas propiedades físicas que pueden utilizarse para depurar aguas, construir nuevos dispositivos de captura de energía o diseñar fármacos que actúen exclusivamente en el foco afectado.

Si estos ámbitos (educación formal, difusión social del conocimiento) no inician la incorporación de los conocimientos básicos necesarios para comprender qué es la nanociencia y la nanotecnología, difícilmente se comprenderán los riesgos que éstas pueden incorporar, lo que dificultará una evaluación social cualificada de los productos que se ofertan. Más aún, si no se asume lo anterior, estaremos convirtiendo a los ciudadanos en meros usuarios pasivos sin capacidad para comunicar a los

científicos cuáles de sus propuestas poseen interés social y no meramente económica; estaremos ante el mismo escenario que generó el rechazo social a determinadas aplicaciones de la ingeniería genética.

La participación social en las decisiones sobre la deseabilidad y los riesgos del desarrollo en nanotecnología permitiría, mediante la elaboración de juicios basados en la comprensión de este ámbito, compartir las responsabilidades vinculadas a la producción de nuevos materiales y sus aplicaciones posibles. En otras palabras, la comprensión social no sólo podría resolver los problemas vinculados a la gobernanza de la nanotecnología sino, más importante, la sociedad podría hacerse corresponsable, junto a los científicos y tecnólogos, de los productos que se generen y de los objetivos para los que se generan los diversos productos.

“El desarrollo de aplicaciones tecnológicas basadas en la ciencia a nanoescala aparece ahora como un potencial caso de estudio para nuevos modelos de regulación basados en una responsabilidad orientada al futuro, gobernanza del riesgo del ciclo de vida, y emisor de compromiso público” (Groves et al, 2011: 526).⁷

En la actualidad ya existen en el mercado productos que incorporan elementos “nano”. Desde lápices que integran en su mina nanocápsulas con aromas, a cosméticos y protectores solares capaces de penetrar la estructura celular epitelial. También existen previsiones de aplicaciones aún más importantes para la sociedad: el desarrollo de nanocomponentes que incrementen el rendimiento de placas fotovoltaicas o el desarrollo de sistemas de depuración de aguas mediante membranas capaces de detectar y capturar, en dimensiones moleculares o atómicas, los elementos contaminantes, son ejemplos de gran interés social que, por encima de la producción de cosméticos, aparecen como potentes herramientas para enfrentarse a dos grandes problemas actuales.

Tanto los desarrollos ya situados en el consumo como los potenciales desarrollos han de poder ser comprendidos y evaluados socialmente si se defiende una gobernanza y una corresponsabilidad social del desarrollo de la nanotecnología. ¿Qué consecuencias tiene esta propuesta?

En primer lugar, habría que revisar la formación inicial que se ofrece en la educación formal obligatoria. En este ámbito debemos ser conscientes de la poca o nula atención que la ciencia actual merece en los currículos de educación formal. En numerosos libros de texto aún se pueden encontrar ilustraciones que representan al átomo mediante el modelo atómico de Bohr (1913), mientras que la nanotecnología aborda modelos atómicos que requieren de la comprensión de los principios de la física cuántica. A la vez, esta revisión incorpora la necesidad de una acción de

7. “The development of technological applications based on nanoscale science is now increasingly seen as a potential test case for new models of regulation based on futureoriented responsibility, lifecycle risk management, and upstream public engagement.”

actualización permanente del profesorado.

“Muchos profesores en el sistema de educación completaron su formación diez años atrás. Como resultado, sus conocimientos científicos y su familiarización con desarrollos importantes en enseñanza de la ciencia es limitada” (Blonder, 2011: 49).⁸

En segundo lugar, habría que revisar las metodologías didácticas impulsando la utilización de herramientas que permitan construir conocimiento más que aprender contenidos. En este cometido se están explorando metodologías que, más que poner a los estudiantes en disposición de aprender contenidos, les induzcan a construir significativamente sus conocimientos utilizando la información a que acceden mediante el uso de mapas conceptuales.

Por último, la difusión social del conocimiento tecnocientífico, en su sentido amplio, debería estar sistematizada para poder desarrollar acciones no esporádicas que permitieran a los ciudadanos no expertos la actualización y comprensión del conocimiento científico y de sus aplicaciones. Las tecnologías de la información y comunicación, en este sentido, pueden constituir una herramienta muy poderosa si se opta por revisar el modo en que se utilizan. Así, se deberían proponer procesos de comunicación social (y no sólo acciones puntuales) que se desarrollaran gradual y permanentemente con el objetivo de ofrecer áreas de comunicación mediante las que se comprendiera la evolución y situación actual de la ciencia y los desarrollos tecnológicos, constituyendo un instrumento de actualización permanente de los conocimientos que los ciudadanos poseen.

173

Conclusión

En la actualidad, la nanociencia y la nanotecnología constituyen ámbitos de gran interés tanto para la industria como para abordar la solución de graves problemas a que se enfrenta la humanidad del siglo XXI. La cada vez más escasa disponibilidad de agua potable, la necesidad de energía para mantener los procesos de desarrollo inducidos por el modelo del primer mundo y la posibilidad de abordar terapias no intrusivas para la solución de algunas patologías son algunos de los posibles ámbitos de desarrollo de la nanociencia aplicada.

Si bien ya existen algunos productos en el mercado que incorporan componentes nanotecnológicos, el ámbito más interesante (desde el punto de vista de la resolución de los problemas antes citados) de aplicación de los conocimientos de la nanociencia aún tiene mucho camino por recorrer. Esta situación nos permite afrontar este ámbito de conocimientos y desarrollo intentando evitar los problemas que hemos detectado

8. *“Many teachers in the education system completed their training over 10 years earlier. As a result, their science knowledge and acquaintance with important developments in science teaching is limited”.*

en el caso de la ingeniería genética. Para ello, hemos de abordar qué puede hacer posible una gobernanza social no directamente dependiente de los intereses económicos de las industrias.

El requisito para que los ciudadanos puedan opinar sobre cualquier producto científico es la comprensión de la ciencia que lo ha hecho posible. Si la formación básica en las ciencias que componen el espectro de la nanociencia no se actualiza, de nada va a servir para fundamentar la comprensión de este nuevo ámbito. Si se continúa en la dirección de enseñar ciencia y no impulsar la comprensión de la ciencia, estos aprendizajes básicos serán ineficaces para la formación de una ciudadanía que disponga de las herramientas cognoscitivas que permitan un análisis social de la nanociencia y sus productos.

La sociedad debería estar preparada para evaluar los productos nanotecnológicos, comprendiendo cuáles de sus productos son imprescindibles para abordar la solución a problemas de interés general, qué productos serán necesarios y cuáles son accesorios. Esto requiere de procesos de difusión social de conocimiento científico contrastado y de la capacidad de evaluar las posibles aplicaciones del mismo.

En este cometido han de estar comprometidos todos los procesos que hagan posible la construcción de significados sobre los procesos y productos científicos, es decir, la formación básica y la difusión social de conocimientos científicos. La formación básica no ha de entenderse en sentido finalista como la adquisición de determinadas informaciones o conocimientos; más allá de esto, ha de favorecer el desarrollo de competencias cognitivas que permitan y estimulen la continua actualización en la comprensión de los conocimientos científicos.

Por su parte, la divulgación científica debe entenderse como el instrumento de actualización y fortalecimiento de dicha comprensión. En este sentido debería orientarse por la difusión de los conocimientos, más allá de la difusión de expectativas más o menos interesadas, y debería plantearse como un proceso permanente más que como un sumativo de acciones descoordinadas.

La nanociencia y la nanotecnología tienen, aún, la oportunidad de afrontar (con mejores objetivos y resultados que campos previos de desarrollo tecnocientífico) este cometido. Todavía estamos a tiempo de iniciar una nueva trayectoria que pueda servir para involucrar a una ciudadanía preparada en la discusión social de los proyectos científicos y de intervención práctica de la nanotecnología, evaluando sus posibles beneficios y riesgos. Olvidar este cometido puede reproducir el rechazo social originado en campos con menos potencial para solucionar problemas.

Si no existe un compromiso con otras formas de abordar el conocimiento y divulgación de la ciencia y la tecnología, los discursos sobre gobernanza y participación social en la discusión sobre la ciencia seguirán siendo acotaciones marginales de la propia producción científica.

Bibliografía

BLONDER, R. (2011): "The Story of Nanomaterials in Modern Technology: An Advanced Course for Chemistry Teachers", *Journal of Chemical Education*, vol. 88 nº 1, pp. 49-52

BRUNER, J. (1991): *Actos de significado. Más allá de la revolución cognitive*, Madrid, Alianza Editorial.

DE MELO, I. (2003): "Clonar o no clonar seres humanos: he ahí el dilema", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, nº 5.

DEWEY, J. (2007): *Cómo pensamos*, Barcelona, Paidós.

EUROPEAN COMMISSION - EUR 24055 COMMUNICATION PLAN ON NANOTECHNOLOGIES (2010): *Communicating Nanotechnology. Why, to whom, saying what and how?*, Luxemburgo, Publication Office of the European Union, en cordis.europa.eu/nanotechnology/src/publication_events.htm, consultado el 1º de marzo de 2012.

GROVES, C., FRATER, L., LEE, R. y STOKES, E. (2011): "Is There Room at the Bottom for CSR? Corporate Social Responsibility and Nanotechnology in the UK" *Journal of Business Ethics*, nº 101, pp. 525-552.

JADAD, A. y LORCA, J. (2007): "Innovación no es lo mismo que novedad", *Andalucía Investiga*, nº 38.

SIMON, H. y NEWELL, A. (1958): "Heuristic Problem Solving: The Next Advance in Operations Research", *Operations Research*. vol. 6, nº 1, pp 1-10.

ZIMAN, J. (1985): *Enseñanza y aprendizaje sobre la ciencia y la sociedad*, México D.F., Fondo de Cultura Económica.

La comprensión pública de la nanotecnología en España *

Public understanding of nanotechnology in Spain

Javier Gómez Ferri **

La nanociencia y la nanotecnología son un campo reciente de investigación, desarrollo e innovación científica del que se esperan importantes transformaciones sociales. Tras la reacción en numerosos países contra innovaciones tecnológicas como los organismos genéticamente manipulados, nanociencia y nanotecnología se han convertido en un ámbito emblemático de la comprensión social de la ciencia y de la percepción del riesgo por ser un campo en ciernes que permite ir sondeando, observando y midiendo a la opinión pública en vivo, e ir testando sobre la marcha hipótesis acerca de cómo la gente percibe la ciencia y la tecnología contemporáneas. Sobre la sociedad española no se ha llevado a cabo ningún estudio específico de comprensión social de la nanociencia-nanotecnología. Los pocos datos que hay disponibles nos los proporcionan los eurobarómetros de la Comisión Europea, y la escueta pintura que emerge de ellos, con sus peculiaridades, no es muy distinta de la que existe a nivel general. Aquí ofrecemos algunos de esos datos disponibles. La nanociencia y la nanotecnología también son un desafío para la educación, la divulgación científica y la participación ciudadana, todo ello encaminado al aumento de la cultura de la sociedad y la gobernanza de la tecnología, aspectos que han quedado en un segundo plano hasta ahora y que son el reto pendiente en la comprensión pública de la nanociencia-nanotecnología.

Palabras clave: nanotecnología, percepción social, comunicación pública

177

Nanoscience and nanotechnology are emerging fields of scientific research, development and innovation which are expected to produce important social transformations. After the backlash in various countries against techno-scientific innovations such as genetically modified organisms, nanoscience and nanotechnology have become a key area to understand how the public sees science and perceives risk, as it is a burgeoning field that allows us to canvass, observe and measure public opinion live, and to test the hypothesis of how people perceive contemporary science and technology as we go. No studies have been carried out on how Spanish society understands nanoscience and nanotechnology. The little data available comes from the European Commission's eurobarometers and the sparse picture that emerges from them is not much different from that which already exists on a general level, with some particularities. This article presents some of the available data. Nanoscience and nanotechnology are a challenge for education, science outreach and public participation, all aimed at increasing public education and the governance of technology, aspects that have remained in the background until now and that are a challenge to be met in the public understanding of nanoscience and nanotechnology.

Key words: nanotechnology, social perception, public communication

* La investigación que se recoge en este texto ha sido apoyada por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) mediante el proyecto "Evaluación del proceso de transferencia de nuevos materiales nanotecnológicos en equipos de diagnóstico y tratamiento médico", Evalnanomed (C200801000076).

** Profesor de Sociología en el Departamento de Sociología y Antropología Social de la Universitat de València (España). Correo electrónico: javier.gomez-ferri@uv.es.

La sociedad y la nanotecnología

La creciente relevancia y los efectos que tiene el conocimiento científico-técnico en la mayoría de las facetas de la vida social contrastan fuertemente con el desconocimiento que la mayor parte de la sociedad tiene respecto de la ciencia y la tecnología. Es un hecho que el conocimiento científico y tecnológico resulta muchas veces extraño e incomprensible a la mayoría de las personas. Este hecho, unido al reciente cambio de roles entre ciudadanía y comunidad científica, son dos factores que explican que el interés por estudiar científicamente a la opinión pública trascienda el ámbito académico y lo sea también de los poderes públicos. Interesa conocer y explicar las actitudes y las creencias de la gente sobre la ciencia y la tecnología. Básicamente se trata de saber cuál es su nivel de familiaridad con ellas, así como sus intereses, valoraciones, miedos, preocupaciones, temores, expectativas y esperanzas. Asimismo, también es relevante conocer a través de qué medios obtiene el público la información científica o qué imagen tiene de los científicos y en cuánta estima.

Es sabido que la opinión pública puede legitimar o deslegitimar políticamente determinadas opciones científicas o tecnológicas. O que puede utilizarse para ello, por ejemplo, a través de la financiación con fondos públicos, por no mencionar la cuestión de la participación pública en la gobernanza de la ciencia y la tecnología. De ahí que en el interés por conocer lo que la gente piensa y sabe sobre la ciencia se pueda detectar una componente pragmática. Y en la situación en que se encuentra la nanociencia y nanotecnología esto parece más claro todavía.

178

En el caso de la nanotecnología, ya desde los primeros análisis se advirtió que el potencial de negocio no es ajeno a la opinión pública, sobre todo en la medida que puede ser un factor que afecte a las futuras líneas prioritarias de financiación pública de la nanociencia-nanotecnología (Rocco y Bainbridge, 2001; Rocco, 2003; Petersen et al, 2007). O bien por simple racionalidad democrática, la opinión pública debería moral y políticamente ser tenida en cuenta en muchas cuestiones concernientes al desarrollo de la nanociencia-nanotecnología (de Cózar, 2009; Nanobioraise, s/f).

Dos ejemplos recientes donde se ve claramente el peso de la opinión pública en su vertiente negativa son la energía nuclear y los ámbitos de la biotecnología relacionados con la manipulación genética de organismos, sobre todo en el caso de plantas de uso agrícola y demás alimentos: los organismos genéticamente modificados (OGM). Ambos se mencionan como dos casos del riesgo que conlleva no tomar en cuenta adecuadamente a la opinión pública, y una lección que la nanociencia y nanotecnología deben tener presente (Einsiedel y Goldenberg, 2004; Mehta, 2004; Macoubrie, 2006; Currall et al, 2006).

De hecho así está siendo. Se puede afirmar que la nanotecnología y la nanociencia son el primer ámbito científico-tecnológico en el que preocupan abiertamente las percepciones sociales que existen sobre él. Dicho ámbito nace y se desarrolla pendiente o preocupado por las percepciones y actitudes públicas. Como acabamos de advertir, se puede pensar que en parte o en gran medida será una preocupación meramente instrumental o estratégica -más que sincera- cuyo fin sería evitar la

estigmatización social que han tenido o tienen otras áreas de la innovación y el desarrollo científico. Pero en realidad debemos verlo en un contexto más amplio, el de las relaciones ciencia-sociedad, donde nos encontramos en un momento y con un contexto que es diferente del de cualquier otra época anterior. En todo caso, se puede afirmar, como Hayhurst et al (2005: 227), que la “nanotecnología [y la nanociencia] está entrando en una fase donde la implicación del público va a ser crucial en lo que respecta a la aceptación social, potencial de mercado y gobernanza política”. Su futuro está condicionado por muchos factores. Dos de ellos, no independientes entre sí, son, respectivamente, lo que el público piense, sienta o crea sobre la nanociencia y la nanotecnología, y lo que institucionalmente se haga o se deje de hacer al respecto.

La nanociencia y la nanotecnología son campos emergentes de la investigación, el desarrollo y la innovación científica y técnica. Sus orígenes inmediatos suelen situarse a mediados de la década de los 80, aunque han pasado mundialmente desapercibidas prácticamente hasta la gran apuesta del gobierno estadounidense de poner en marcha la NNI (*Nanotechnology National Initiative*) en 2000, bajo el gobierno de Bill Clinton (*National Science and Technology Council*, 2000). De hecho algunos fijan el año 2000 como el despertar del “*nano hype*” o campaña a gran escala sobre la nanotecnología (Schmidt Kjærgaard, 2010). En consonancia con ello, los primeros análisis sociales se publicaron en el 2001 (Roco y Bainbridge, 2001), precisamente el año en que tal iniciativa se puso en marcha, y se pasaron las primeras encuestas de percepción social (Comisión Europea, 2001; Bainbridge, 2002).

La nanociencia-nanotecnología se suelen caracterizar como el estudio, control y manipulación de la materia a escala nanométrica (átomos y moléculas), es decir: a escalas del orden de la mil millonésima parte de metro. Son, dicho más coloquialmente, “la ciencia y la tecnología de lo sumamente pequeño” (Riechmann, 2009). Trabajando a esas escalas la materia tiene propiedades diferentes de las que presenta a nivel micro y macroscópico, lo cual crea escenarios y desafíos para muchos campos, ya que abre la puerta a la producción de materiales, estructuras, sistemas y dispositivos con un enorme potencial práctico en muchas áreas (energía, biomedicina, tecnologías ambientales, industria aeroespacial, tecnologías de la información y de la comunicación, microelectrónica e investigación militar, entre otros). Debido a ello, se prevé que en pocas décadas una gran parte de productos lleven el sello de la nano y que pocos ámbitos de la actividad humana queden exentos de su alcance. Si los pronósticos se cumplen, su impacto económico será patente, de ahí que no haya tardado en ser proclamada como la revolución científica y tecnológica del siglo XXI, o como el catalizador de la próxima revolución industrial (*National Science and Technology Council*, 2000). En consonancia con tales expectativas, es un área que ha atraído enormes fondos de investigación en muy poco espacio de tiempo.

Con tal panorama, y como sucede con muchas tecnologías emergentes en sus primeras etapas, es habitual que se disparen las expectativas de una mudanza social profunda y se las asocie a algún tipo de nueva revolución. Pero también lo es que haga saltar muchas alarmas y provoque temores y preocupaciones ante muchas de sus posible repercusiones sociales.

Brossard et al (2008) suponen que el bajo nivel de polémica suscitada hasta ahora se debe en gran parte a que los sectores de aplicación no han sido especialmente controvertidos, como lo sería el agroalimentario, sobre todo en los países del sur de Europa. De hecho, recientes estudios (Siegrist et al, 2007a, 2007b; Vandermoere et al, 2011) muestran que, frente al optimismo cauto que caracteriza la actitud ante la nanotecnología, cuando hablamos de cuestiones de alimentación, en determinadas sociedades como la suiza y la francesa a las que corresponden sendos estudios las actitudes son ambiguas, cuando no pesimistas. Es una situación que no se da, por ejemplo, en Nueva Zelanda, como testimonian Cook y Fairweather (2007).

La comprensión y percepción pública de la ciencia y la tecnología

Sobre comprensión pública de la ciencia y la tecnología es difícil ofrecer unas pautas válidas para todos los países, pero en general, podemos afirmar que el público conoce poco los aspectos de la ciencia en detalle y que el interés que tiene es medio-bajo, aunque sí le preocupan las cuestiones concernientes a los riesgos. Ello no obsta para que se tenga una actitud positiva en general hacia la ciencia y la tecnología y sus desarrollos. En los países de mayor desarrollo científico y tecnológico suele haber posturas más polarizadas: más conocimiento implica más recelo, como también más confianza, ya sea respecto de agregados o de individuos. Respecto de las experiencias y el interés por la participación social en torno a cuestiones científicas, son los países más desarrollados los que más las tienen y ponen en práctica. Finalmente, es de destacar un cierto desencuentro entre profesionales de la comunicación, periodistas principalmente, y científicos en lo que respecta a la información sobre la ciencia y la tecnología.

180

Hacer una síntesis de los resultados de todos estos años para el caso español conlleva perder muchos detalles. Pero en general la pintura que reflejan de la sociedad española podría ser la siguiente. Los españoles tienen un interés medio-bajo por la ciencia. También su nivel de conocimiento científico es bajo. En relación con ello, consideran que la formación científica recibida durante su paso por el sistema educativo es bastante deficiente.

Sin embargo, la confianza o apreciación de la ciencia y la tecnología es más bien alta. Sobre esto se observa, en conjunto, un lento pero progresivo descenso desde 1982 hasta 2006, volviendo a subir en las dos últimas encuestas generales de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), las de 2008 y 2010. Por ejemplo, el porcentaje de personas que consideran que los beneficios de la ciencia y la tecnología son mayor que sus perjuicios era del 58,4% en la encuesta del 2010. Sólo el 8% de los ciudadanos considera que los perjuicios son mayores que los beneficios. Para encontrar un porcentaje superior de optimismo tendríamos que remontarnos a la encuesta inicial de 1982 (la de 1992 es también superior, pero la pregunta está planteada de manera que no permite una comparación válida). Las preocupaciones sobre la tecnología se asocian a campos concretos de aplicación, no tanto a las tecnologías en conjunto. La profesión de científico es una de las mejor valoradas: segunda por detrás de los médicos.

La mayor parte de la información científica la obtienen los españoles a través de la televisión, aunque los jóvenes lo hacen cada vez más a través de Internet. En general, se tiende a culpar a los medios de comunicación de no darles más y mejor información.

Tipos de estudios sobre comprensión pública de la nanotecnología ¹

En referencia a la nanotecnología, en un informe conjunto de 2004, la *Royal Society* y la *Royal Academy of Engineering* subrayan la necesidad de atender y estudiar las opiniones públicas en los momentos iniciales de desarrollo de un campo tecnocientífico. Como señalábamos anteriormente, la nanotecnología ha sido un terreno pionero en este sentido, ya que los estudios de percepción pública se han anticipado a cualquier respuesta social. La preocupación de algunos actores sociales involucrados en la nano ha ido por delante de la preocupación de los ciudadanos. La explicación que se da de ello es lo sucedido en la biotecnología, donde algunas aplicaciones han despertado un amplio rechazo social, como ya hemos señalado anteriormente.

Los primeros datos de percepción pública sobre la nanotecnología que tenemos para España corresponden al Eurobarómetro de 2001. Pero en dicha encuesta sólo se incluyen dos preguntas al respecto: una sobre interés y otra sobre familiaridad. Hay que reseñar, además, que en ella se pregunta por “nanotecnología”, no por “nanociencia”, lo cual es la tónica en la mayor parte de los estudios. Esto es interesante porque refleja mayor preocupación por gestionar las actitudes públicas que por paliar los déficits de conocimiento científico sobre ella; una cuestión que ha quedado en segundo plano y que muy previsiblemente adquiera relevancia en breve. De hecho, los estudios que abordan la cuestión de la comprensión conceptual de la nanociencia-nanotecnología con la mirada puesta en la educación son prácticamente inexistentes (Castellini et al, 2007).

El primer estudio específico sobre actitudes públicas hacia la nanotecnología es el realizado por Bainbridge en 2001 en los Estados Unidos (Bainbridge, 2002). Desde entonces los estudios empíricos realizados sondeando a la opinión pública para captar sus percepciones, conocimientos y representaciones sociales respecto de la nanotecnología-nanociencia no han parado de crecer. En ello se ha recurrido a diferentes técnicas de investigación, con diferentes objetivos, estudiándose diferentes grupos poblacionales, sectores. Dada esta diversidad, consideramos conveniente hacer una sistematización previa en torno a una serie de notas distintivas:

- *Según su naturaleza epistémica*, dichos estudios pueden ser descriptivos, comprensivos, explicativos o interactivos. Estas diferencias las iremos viendo con más detalle en el desarrollo del texto.

1. En el título del apartado ponemos sólo “nanotecnología” porque la mayoría de estudios no incluyen el término “nanociencia”. De alguna manera queda implícito que sí está incluida, pero la ambigüedad persiste.

• *Según la técnica empírica empleada*, encontramos tanto técnicas cualitativas como cuantitativas, destacando entre todas ellas la encuesta, seguida de una serie de dinámicas experimentales que podríamos calificar de cuasi-experimentales, dado que no se tiene un control absoluto de las variables que pudieran concurrir, pero sí están basados en diseños de tipo experimental. También ha habido grupos focales o de discusión, entrevistas semi-estructuradas o en profundidad, análisis de contenido de los medios de comunicación. Por último, debemos destacar la realización de diversos tipos de dinámicas de grupo, generalmente enfocadas a tratar la cuestión de la participación ciudadana.² La técnica elegida suele estar en función de los objetivos que persigue el estudio, los intereses de los investigadores y los recursos disponibles.

• *Según quien realiza la investigación*, básicamente encontramos personas o grupos académicos de investigación o instituciones públicas (NSF, *Royal Society*, Comisión Europea, FECYT), o bien organizaciones vinculadas a ellas, con estudios que muchas veces son utilizados de manera descriptiva. De todos modos, hay que señalar que muchos investigadores recurren a las bases de datos de las encuestas institucionales para realizar sus análisis y probar sus hipótesis sobre comprensión pública de la ciencia y la tecnología.

• *Según los objetivos que se persigue*, los estudios de comprensión pública se han planteado para obtener indicadores que sirvan de base a las políticas públicas de divulgación y comunicación, o de política científica, para testar hipótesis sobre la percepción del riesgo, para generar conocimiento sobre la gobernanza de la tecnología o para anticipar qué puede pasar en breve con un campo científico o técnico (Satterfield et al, 2009).

• *Según la población estudiada*, la cual generalmente ha sido el gran público. Pero también los expertos han sido objeto de atención. En tal caso, habitualmente lo ha sido para centrarse en la percepción de riesgos (Besley et al, 2008; Powell, 2007; Hosseini y Rezaei, 2011). Por ejemplo, Powell (2007) entrevista a dos grupos de científicos de lo nano de Estados Unidos, a los que califica de “*upstream*” y “*downstream*”, encontrando entre ellos diferencias respecto de la percepción de riesgos, las cuales atribuye a marcos o a posiciones en relación con la investigación en nanotecnología. Por su parte, el de Besley et al (2008) consiste en una encuesta centrada en cuestiones de riesgos y beneficios, y cuestiones de regulación. Por lo que respecta a Hosseini y Rezaei (2011), estos han pasado un cuestionario a una muestra de científicos iraníes del ámbito de la agricultura, para ver su receptividad ante la nanotecnología. Entre los resultados se revela que, además de mostrar cierta desconfianza ante sus efectos, también entre los científicos existe poca familiaridad con la nanotecnología. También el estudio Delphi sobre el uso de nanomateriales en productos de alimentación y consumo realizado por Zimmer et al (2010) en Alemania va dirigido a expertos, incluyendo nanotecnólogos y no nanotecnólogos.³

2. Sobre esta tipología nos extenderemos un poco más adelante.

3. Queremos señalar al respecto que aquí no tenemos en cuenta los estudios realizados a expertos que no están directamente relacionados con la comprensión pública de la ciencia, como puede ser el estudio de prospectiva dirigido por Azkarate (2008) y realizado en España.

También se pueden incluir en este apartado los trabajos que comparan las diferencias de percepción de riesgo entre el público en general y los expertos. El resultado es que el público percibe más los riesgos y menos los beneficios de la nanotecnología que los expertos en el campo (Siegrist et al, 2007; Keller et al, 2007; Ho et al, 2011). La excepción la representan algunos aspectos concretos en que es al revés, como en algunas cuestiones relacionadas con la contaminación medioambiental y los impactos sobre la salud a largo plazo (Sheufele et al, 2007). El trabajo diario con la nano y el contacto con otros investigadores e informes de instituciones como la *Royal Society* (2004) son factores que pueden dar perfecta cuenta de estas actitudes.

En uno de los estudios que acabamos de mencionar, el de Ho et al (2011), sus autores encuentran que el público general y los expertos razonan de manera diferente respecto de los riesgos de la nanotecnología. El público basa más sus análisis en heurísticos de todo tipo y poco en la ciencia, mientras los científicos lo hacen basándose en conocimientos que ofrece la ciencia.

- *Según la amplitud*, los estudios se pueden ocupar de un conjunto de nuevas tecnologías, o bien de la nanotecnología de manera específica y, por último, de áreas o aplicaciones concretas dentro de ésta. La mayoría de los realizados han sido de carácter general, sobre la nanotecnología en su conjunto. Los primeros estudios que se realizaron sobre áreas específicas datan de 2006, en concreto el de Nerlich et al (2006), centrado en nanomedicina, en el que se planteaba a un grupo de estudiantes universitarios un dilema hipotético sobre dos formas de tratar una enfermedad, siendo una de ellas mediante nanotecnología. Otros temas específicos abordados han sido los siguientes: energía, salud, alimentación y agricultura. Comparando unos y otros, mientras que se ha encontrado en todos los estudios generales un optimismo cauto hacia la nanotecnología, ese resultado no se obtiene siempre para algunos de los campos concretos de aplicación. Como señalan Vandermore et al (2011), la aplicación condiciona la percepción, siendo la salud y la alimentación las áreas específicas que más controversia y recelo suscitan. Al menos eso es lo que señalan los estudios de Siegrist et al (2007a, 2007b) y Vandemore et al (2011) para Suiza (en la zona germana) y Francia (en los alrededores de París), respectivamente.

183

El primero de los dos estudios anteriores es una encuesta a ciudadanos y se centra en alimentos y envases; el segundo, sólo sobre alimentos. Esta actitud negativa no la encontraron Cook y Fairweather (2007) para los neozelandeses. La salud y la energía también han sido áreas específicas de estudio, sin que Pidgeon et al (2009) hayan encontrado un aumento significativo de la preocupación en un estudio realizado en Estados Unidos y Gran Bretaña sobre el público en general.

- *Según el ámbito geográfico*, se han realizado estudios en ciudades, regiones, países, e incluso a nivel supranacional, como es el caso de los Eurobarómetros de la Comisión Europea. En cuanto a países, Estados Unidos es donde más estudios se han llevado a cabo, por delante de Gran Bretaña y Canadá. La lista de todos modos no es muy extensa. Otros países donde se ha realizado algún tipo de estudio de percepción social de la nanotecnología son Francia (Ile-de-France, 2007; Vandermore et al, 2011), Alemania (Zimmer et al, 2007; Grobe et al, 2008; Zimmer et al, 2010;

Donk et al, 2012), Austria (Schütz y Wiedemann, 2008), Dinamarca (Schmidt Kjærgaard, 2010), Holanda (Te Kulve, 2006), Suiza (Rey, 2006; Siegrist et al, 2007; Burri y Bellucci, 2008; Burri, 2009), Italia (Neresini, 2006), Japón (Fujita et al, 2006), Nueva Zelanda (Cook y Fairweather, 2007), Australia (Katz et al, 2005; *Market Attitude Research Services*, 2008), Irán (Hosseini y Rezaei, 2011), Brasil (Macnaghten y Guivant, 2011), la India (Patra, 2012) y Eslovenia (Groboljšek y Mali, 2012). En varios casos son análisis comparativos, como el de Macnaghten y Guivant (2011), que se fijan en Brasil y Gran Bretaña siguiendo la estela de los pioneros en esta faceta: el trabajo de Gaskell et al (2004, 2005), en que se comparaban las percepciones sociales en Europa y Estados Unidos, o el de Einsiedel (2005), que lo hace entre Canadá y Estados Unidos.

Planteamientos metodológicos y técnicas empleadas

Cuando se habla de comprensión o percepción pública de la ciencia se tiende a pensar en las encuestas, que es la herramienta más empleada, pero no la única. Son los objetivos que se persiguen, los intereses de los promotores o los recursos de que se dispone los que determinan el tipo de técnica o de técnicas empleadas. Con el fin de obtener una visión panorámica de los estudios realizados, podemos distinguir seis aproximaciones, las cuales están relacionadas con el tipo de trabajo de campo.

1. El análisis de contenido

El análisis de contenido se ha aplicado sobre todo al análisis de la información de la prensa escrita, siguiendo la idea de que los medios de comunicación son el heurístico clave que estructura la percepción de lo nano en el público (Scheufele y Lewenstein, 2005). En situaciones de falta de familiaridad, la manera en que es presentada la información sobre la nanotecnología desempeña un papel fundamental en la formación de las actitudes públicas.

Los resultados de dichos análisis muestran, no obstante, que la cobertura recibida por la nano en prensa es escasa, que los temas más tratados son los de salud y medioambiente y, en todo caso, que en las informaciones predomina los tonos positivos y optimistas (Gorss y Lewenstein, 2005). Lo mismo encuentran Anderson et al (2005) en su estudio de la prensa la prensa británica en un periodo de poco más de un año tomando noticias de diez periódicos, más otros tantos magazines dominicales. El porcentaje de cobertura sobre noticias relacionadas con las implicaciones sociales y el riesgo es solo del 9%. En este sentido, Friedman y Egolf (2005) encuentran que cuando se habla de riesgos estos no empañan los aspectos positivos. Los estudios siguientes confirman esta tendencia. Por ejemplo, Wilkinson et al (2007), analizando los mismos diarios que Anderson et al (2005), entre mitad de 2004 y mitad de 2006, no descubren ningún cambio en esa tónica. Sin embargo, este análisis lo complementan con una serie de entrevistas a periodistas y científicos encargados de temas de comunicación, encontrando que el tema de la seguridad y los riesgos sí que está entre sus preocupaciones sobre nanotecnología, por más que luego no tenga presencia en las noticias que escriben. Por su parte, Schmidt

Kjærgaard (2010) se ocupa de la presentación de la nanotecnología en la prensa danesa entre 1996 y 2006, encontrando que las versiones que se presentan están muy apegadas a la versión oficial y reflejan la agenda política estatal. Más recientemente, el estudio de Groboljsek y Mali (2012) sobre la prensa eslovena entre 2004 y 2009 revela la misma tendencia general. Sólo las entrevistas en profundidad hechas a nanotecnólogos respecto de la cobertura mediática muestran un alto nivel de insatisfacción con la calidad de los reportajes publicados sobre nanotecnología.

En los análisis comparativos que se han hecho, entre prensa estadounidense y británica se ha encontrado que la primera destila un tono más optimista que la segunda, lo cual también coincide con las respectivas percepciones del público en cada país (Gaskell et al, 2004; Stephens, 2005), y que pueden ser atribuibles a diferencias de valores culturales o a la confianza en las instancias reguladoras de la nanotecnología.

Te Kulve (2006), por su parte, compara cómo ha ido cambiando el repertorio informativo tomando un periodo de 13 años de la prensa holandesa, de 1992 a 2005. Bajo esta óptica, ve tres periodos diferenciados en la información sobre la nano: el de la “estrella naciente” (1992-1999), el de consolidación (2000-2002) y el de confrontación nanotecnología-sociedad (2003-2005).

Otro tipo de investigaciones, diferentes en su concepción, pero que tienen también cabida en este apartado, son las Kaplan y Radin (2011) sobre la polémica entre Drexler y Smalley, o el curioso estudio de Shummer (2005), en el que se analiza reticularmente qué otros libros adquiere la gente que compra por Internet libros de divulgación sobre nanociencia y nanotecnología. El resultado destacable es que muchos de ellos son libros de tono futurista sobre el tema y algunos de ciencia-ficción, lo cual podría tener influencia sobre la imagen y las actitudes que pueden tener o llegar a tener tales lectores. Sin embargo, esa parte del estudio no es llevada a cabo.

Esta primera línea de investigación, como hemos visto, se ha ocupado muy particularmente de la prensa. Pero la nanotecnología y la nanociencia aparecen y aparecerán en otros medios a los que apenas se ha atendido todavía (radio, televisión, Internet, blocs, comics, cine y revistas de divulgación, entre otros). De ahí que sea mucho el trabajo que queda pendiente por hacer a ese respecto.

2. La encuesta

La encuesta es la técnica de recogida de datos más empleada. Ya lo hemos comentado, así como también sus ventajas; que residen en su validez externa, es decir, en la posibilidad de extender sus resultados a amplios grupos de población; de ahí el gran uso que le dan las instituciones públicas, entre ellas los Estados. Sin embargo, uno de los problemas de tal técnica es que da poca información sobre cómo la gente interpreta y comprende la ciencia y la tecnología. Y en el caso de la nanociencia-nanotecnología más aún, por su carácter emergente, ya que el público tiene muy poca información sobre ellas. Para estudiar ese aspecto se debe recurrir a otras técnicas, como son las que veremos en los apartados que ahora siguen.

La mayoría de encuestas se han basado en datos recogidos telefónicamente. Otros menos, a través de Internet o el correo postal (sobre todo, tratándose de los expertos). Muy pocos son obtenidos cara a cara: prácticamente los Eurobarómetros (Comisión Europea 2001, 2002, 2005a, 2005b, 2005c, 2010), el de Fujita et al (2006) y alguno más. Los resultados que dan todos ellos apuntan en la misma dirección: escasa familiaridad, incertidumbre sobre su porvenir, un interés medio y un optimismo moderado. Por citar los más relevantes: Bainbridge, 2002; *Royal Society and Royal Academy of Engineering*, 2004; Gaskell et al, 2004; Cobb y Macoubrie, 2004; Scheufele y Lewenstein, 2005; *Canadian Biotechnology Secretariat*, 2005; Currall et al, 2006; Scheufele et al, 2007; Hart, 2006, 2007, 2008, 2009; Grobe et al, 2008; *Market Attitude Research Services*, 2008).

Cabe insistir en que las investigaciones basadas en encuestas no se han realizado sólo entre el público en general, sino que también se han hecho encuestas a expertos. E incluso en algunos casos a ambos, con el fin de poder establecer comparaciones, como ya hemos visto un poco más arriba sobre percepciones del riesgo.

Finalmente, en este punto también cabe contemplar estudios meta-analíticos sobre datos de encuesta, como el realizado por Satterfield et al (2009), en el que revisa y analiza veintidós estudios de encuestas publicados previamente que se ocupaban de la percepción de riesgos sobre la nanotecnología. De todo ello, un hecho destacable es que la falta de familiaridad sobre nanotecnología, a diferencia de lo que ha podido suceder con tecnologías previas, no va asociada a actitudes y percepciones negativas del riesgo.

186

3. Las dinámicas experimentales

Las dinámicas experimentales son por lo general investigaciones en las que se pretende comparar los resultados que se producen cuando se suministra (o manipula, en sentido positivo) información controlada sobre nanotecnología -pero distinta- a dos o más grupos de personas. Se trata de ver qué efectos tienen en la percepción pública y la formación de actitudes. En parte, con ello se obtienen datos sobre cómo van evolucionando las actitudes a medida que la gente tiene más información o va sabiendo más. Tales datos se suelen recoger a través de cuestionario, aunque también se puede hacer en grupos de discusión.

Muchas de estas investigaciones se ocupan de la nanotecnología no tanto por ella misma, es decir: porque exista un interés en conocer qué percepción se tiene de ella, sino por ser una tecnología emergente y novedosa sobre la que la gente tiene un gran desconocimiento, cuando no una ignorancia absoluta. Esto permite probar teorías generales sobre la percepción del riesgo, así como su dinámica en una tecnología que se halla en sus primeras etapas de desarrollo. La nanotecnología ofrece, en este caso, una especie de laboratorio vivo donde estudiar las reacciones de la gente sobre ella.

Cobb (2005) pretende ver qué efectos tienen diez presentaciones diferentes de la nanotecnología, sus riesgos y beneficios, y la confianza en los agentes empresariales involucrados. El estudio se realizó telefónicamente entre estadounidenses separados en formándose diez grupos. Uno de control y nueve experimentales. Los resultados mostraron la gran maleabilidad de la opinión pública. En todo caso, hemos de suponer que la capacidad de influencia por “*framing*” (encuadre o enmarcado) es mayor cuanto menos familiarizado (conocimientos) se está con el tema en cuestión.

Macoubrie (2006) forma cuatro grupos en tres localidades diferentes de los Estados Unidos para detectar las actitudes y la confianza en las instancias gubernamentales respecto de la nanotecnología. Dicha información, como en el caso anterior, es recogida individualmente. Los resultados no se van mucho de la investigación anterior, destacando la baja confianza en la capacidad regulatoria que puedan tener las instancias gubernamentales y la recomendación sobre la conveniencia de informar adecuadamente sobre los riesgos a medio plazo de la nanotecnología.

Con un planteamiento metodológico similar, formando sólo dos grupos, están los diversos estudios de D. M. Kahan et al (2007 y 2009), los cuales están orientados a reforzar un enfoque teórico en la percepción de riesgo, el de la “cognición cultural”. En concreto pretenden informar sobre la influencia de valores sociales como mediadores de las actitudes ante la ciencia. En todo caso, confirma el hecho de que poca variación en la información suministrada tiene un poderoso efecto sobre los individuos a la hora de formar sus actitudes. También el ya mencionado trabajo de Siegrist et al (2007) sigue esta metodología, aplicado a la alimentación.

187

Pidgeon et al (2008), en cambio, plantean su investigación en forma de talleres de varios días de duración y se ocupan de aspectos más concretos: la energía y la salud. Su estudio está realizado en Estados Unidos y Gran Bretaña y los resultados muestran la relevancia que tienen los contextos nacionales en la percepción pública en cada país, así como señalan la importancia de gestionar la información sobre los riesgos de la nano desde el principio.

Schütz y Wiedemann (2008), en un estudio experimental realizado entre estudiantes austríacos de la Universidad de Innsbruck sobre los beneficios y riesgos de la nanotecnología, encuentran que lo que más influye en la valoración que se da a las tecnologías emergentes es el contexto en el que se desarrollan e investigan y no los beneficios y riesgos por sí mismos, sobre todo si apenas se dispone de información sobre ellas. Entre esos factores que condicionan la percepción se encuentra la dirección global del beneficio al que está orientada la investigación. Esto es, si prima el interés económico y lucrativo o el social general.

Finalmente, el estudio ya mencionado de Nerlich et al (2007) encontraba, a partir del caso planteado, que esa aplicación de la nanotecnología no generaba ni grandes expectativas ni grandes temores. Lo que sí eran significativas eran las diferencias de género. Los varones eran más favorables que las mujeres a la aplicación planteada, lo cual es un resultado general no sólo para la nanotecnología, sino para la tecnología en su conjunto.

Este tipo de dinámicas experimentales, junto con las encuestas, son las técnicas que más cerca están de los enfoques positivistas de la ciencia. Las siguientes lo están de los enfoques interpretativos.

4. Las entrevistas

La entrevista en profundidad es una técnica que no permite obtener información de muchos individuos, pero sí mucha información de muy pocos de ellos. En el caso de la comprensión pública de la nanotecnología, en muchos casos se ha empleado de manera complementaria a técnicas cuantitativas, como la encuesta, con fines exploratorios o de comprobación. No obstante, a menudo se han obtenido resultados que muchas veces tienen valor por sí solos. En todo caso la técnica de la entrevista en profundidad permite acceder al punto de vista de los sujetos a través del discurso, y al sentido que los actores dan a sus acciones y al mundo en que viven.

Debido a que la información que poseen los individuos sobre nanociencia-nanotecnología es escasa, la entrevista, o bien se dirige a expertos o se lleva a cabo en investigaciones donde se estudian concepciones generales de los individuos acerca de diversos temas, para finalmente focalizarla en la tecnología. Entre los pocos trabajos basados en entrevistas están los de Wilkinson et al (2007), que como ya hemos visto es complementario de un análisis de contenido sobre información en prensa de la nano, al igual de que el Groboljsek y Mali (2012). Otro uso que se ha dado a la entrevista es el que le dan Powell y Kleinman (2008). Estos entrevistan a un grupo de personas que participaron en la conferencia de consenso de Madison (Estados Unidos) en 2005. Es un caso parecido al proyecto *Nanologue* (2006), destinado a recoger las opiniones sobre los aspectos legales, éticos, sociales y medioambientales de los principales agentes involucrados, desde los investigadores a los políticos, pasando por otros agentes sociales como empresarios y ONG.

188

5. Los grupos focales o de discusión

Los grupos focales o de discusión pueden entenderse, siendo sintéticos, como entrevistas en grupo. No permiten obtener datos estadísticamente generalizables a una población, pero sí permiten indagar con más profundidad en las visiones que tienen los individuos y los discursos sociales más o menos establecidos. Por ejemplo, qué lenguaje emplean los escolares para hablar entre ellos de la nanotecnología o qué significados le van dando a esta tecnología y a las cuestiones derivadas de su uso y aplicación. Es lo mismo que sucedía con la técnica anterior, sólo que aquí se busca que la entrevista quede enriquecida por la interacción entre individuos. Con ello, muchas veces se persigue la obtención de determinadas representaciones sociales que no suelen salir a la luz con un cuestionario. En el caso de la nano, sobre la que la gente está muy poco informada, esta técnica de los grupos focales es más adecuada que la entrevista. E, igual que en el caso anterior, encontramos que muchas veces sirve de complemento a otro tipo de técnicas de recogida de datos. Cada vez más empresas e instituciones encargadas de realizar encuestas nacionales

de tipo institucional realizan también grupos de discusión. Ejemplo de ello son los siguientes casos: *Royal Society* y la *Royal Academy of Engineering* (2004), Pollara (2004), *The Canadian Biotechnology Secretariat* (2005), Hart (2008, 2009), *Market Attitude Research Services* (2009). El caso más paradigmático de complementación de técnicas es la llevada a cabo en el seno del proyecto *Nanoyou* (Hochgerner et al, 2010) que hace uso de todas las que aquí estamos exponiendo.

La técnica del grupo focal o de discusión también puede ser el instrumento elegido para poner en práctica mecanismos deliberativos y evaluativos sobre la nanotecnología, como es el caso de Rey (2006), tema del que trataremos en el punto siguiente.

El *Canadian Biotechnology Secretariat* (2005), como complemento a la encuesta que pasó tanto en Estados Unidos como en Canadá, organizó 24 grupos en diez ciudades de ambos países. Burri y Bellucci (2008) emplean la técnica para detectar las percepciones de los suizos sobre la nanotecnología y sus expectativas sobre el medioambiente, la salud, el empleo y otros aspectos. Macnaghten y Guivant (2011) compararon las percepciones sociales entre Brasil y Gran Bretaña realizando doce grupos de discusión en dos ciudades de ambos países, encontrando que en Gran Bretaña la nanotecnología no es una tecnología que suscite controversia, aunque se la mira con un poco de cautela. En cambio, en Brasil no hay ninguna prevención especial. Los autores atribuyen las diferencias de percepción al contexto cultural en el que la ciencia y la tecnología se desarrollan en cada caso.

Por último, podríamos mencionar el estudio de Davies (2011), que recurre a los grupos de discusión con el fin de detectar qué recursos lingüísticos, culturales y cognitivos emplea la gente para dar sentido a algo que les es desconocido, como es la nanotecnología. En la práctica se recurre al bagaje personal de cada uno, lo cual puede condicionar las percepciones de la gente y, por lo tanto, las estrategias comunicativas que haya que emplear una vez adquieran un punto de vista más o menos formado.

189

6. Las dinámicas participativas

Finalmente, estaría lo que podemos denominar “dinámicas participativas”, un conjunto de experiencias donde lo que se busca es sobre todo obtener datos orientados a la implicación y participación de la sociedad en la deliberación o en la toma de decisiones sobre nanotecnología, incluyendo a los no expertos. Se trata de detectar puntos de vista, prioridades sociales y de financiación, valoraciones, dificultades y problemas, de obtener una serie de recomendaciones, aunque también preparan a los ciudadanos para tomar parte en la toma de decisiones y la evaluación de tecnologías, en cuanto tienen de formas democráticas de deliberación.

Entre los problemas que se subraya es que este tipo de experiencias son minoritarias y que su alcance poblacional general es muy limitado, sobre todo teniendo presente su finalidad y que, además, suelen participar personas que ya

están previamente interesadas en participar. Una descripción y análisis global de este tipo de estudios puede verse en Nanologue (2006), Doubleday (2007), Bowman y Hodge (2007), Nanobioraise (s/f), Laurent (2009) y Schomber y Davies (2010).

Las dinámicas de grupo establecidas son muy variadas, aunque hay algunas formas ya institucionalizadas como las conferencias de consenso, los “juegos de tarjetas” (por ejemplo, Decide) o, en el caso de la nanotecnología, los nanojuicios (NanoJury, 2005; Pidgeon y Rogers-Hayden, 2007). También los grupos de discusión pueden utilizarse para tal fin (Kearnes et al, 2006). Generalmente, tales experiencias suelen contar con la participación de una variada serie de expertos, que exponen sus puntos de vista en seminarios o conferencias, y luego los participantes interactúan con ellos o entre sí a partir de la información recibida con el fin de llegar a acuerdos.

Algunas de las experiencias realizadas en este sentido son, por ejemplo, las de Mee et al (2004) y Katz et al (2005), quienes en 2004 realizaron sendas actividades relacionadas con la participación ciudadana, a saber: un taller participativo en la localidad de Bendigo (Australia) y un panel de ciudadanos en 2004 en Melbourne; la de Stilgoe (2006) sobre medioambiente y nanotecnología; la de Kearnes et al (2006) sobre sostenibilidad; la de Zimmer et al (2007) en Alemania, con un grupo de consumidores para evaluar su confianza sobre dicha tecnología; la del Consejo Regional de Ile-de-France (2007), en general sobre la nanotecnología y para obtener percepciones y recomendaciones sobre derecho a la información y sobre seguridad; la de Rey (2006), un “publifocus” con cuatro grupos de discusión en Suiza; la conferencia de consenso ciudadano de Madison, celebrada en 2005 (Powell y Kleinman, 2008), en la que se trata de aproximarse a los efectos que tiene dicha experiencia participativa sobre el aprendizaje de la nano, los procesos de investigación, los aspectos sociales de la ciencia, la regulación, así como los cambios que se producen en la percepción social, los cuales, aunque no tengan un efecto inmediato a nivel de políticas públicas, sí preparan a los ciudadanos para participar en la toma de decisiones sobre asuntos científicos y tecnológicos.

190

Este tipo de investigaciones y experiencias están en consonancia con la condición predominante en la ciencia contemporánea, una ciencia que Funtowicz y Ravetz (1993) denominan “ciencia posnormal”. Aunque evidentemente no toda lo es, gran parte de la ciencia actual tiene que ver con las aplicaciones del conocimiento experto, dando lugar a muchas incertidumbres que la misma ciencia no puede responder científicamente. De ahí que la voz ciudadana se haga necesaria en ella.

Como hemos visto, el estudio de la comprensión pública de la nanociencia-nanotecnología, a pesar de contar con sólo una década de andadura, ha dado lugar a una literatura cada vez más creciente que refleja una diversidad de enfoques, teorías, datos y resultados. Sintetizando mucho todo ello, se pueden destacar los detalles que a continuación expondremos.

Desde 2001, cuando se realizaron los primeros estudios (Bainbridge, 2002; Comisión Europea, 2001), lo que se encuentra es que existe un grandísimo desconocimiento hacia la nanociencia y la nanotecnología, el cual no condiciona las

actitudes, que serían optimistas o positivas respecto de sus beneficios-riesgos; una confianza que sigue casi intacta en la actualidad, y que en la mayoría de países está por encima de otras tecnologías, como la biotecnología.⁴ Se podría, por tanto, hablar de un cauto optimismo. Este es mayor en Estados Unidos que en Europa, quedando Canadá en una posición intermedia.

A lo largo de estos diez años también se mantiene estable el desconocimiento o falta de familiaridad con la nanotecnología (Cacciatore et al, 2011) Es lógico prever que la confianza descienda a medida que aumente el conocimiento de la gente sobre la nanotecnología, dado que en parte se puede interpretar como el “beneficio de la duda” que mucha gente concede sobre lo que no ha oído hablar o no sabe lo que es (Einsiedel, 2005). Dada la situación inicial en que se encuentra la nanociencia y la nanotecnología, y dado el desconocimiento existente, es muy previsible que las percepciones, actitudes y representaciones sociales cambien significativamente (Selin, 2007). Estos cambios estarán condicionados por las políticas de comunicación y las actividades de divulgación y enseñanza que se lleven a cabo.

Si bien el primer estudio de encuesta fue de carácter descriptivo y con una muestra no elegida al azar, los posteriores corrigieron este hecho y trataron de detectar relaciones entre la percepción pública de la nanotecnología y determinadas variables. Sobre esto se puede destacar que conocimientos, interés y actitudes respecto a la nanociencia y la nanotecnología correlacionan con determinadas variables sociodemográficas. En primer lugar, con el género (los varones tienen más conocimiento e interés, y actitudes más optimistas que las mujeres); luego con el nivel de estudios (a mayor nivel de estudios, más optimista se es al respecto) y la edad (las personas de edades intermedias tienen una actitud más favorable hacia la nanotecnología que los jóvenes y las personas mayores). Y, en países como Estados Unidos, también la etnia es una variable relevante (las minorías tienen actitudes más negativas que la población anglosajona).

191

La comprensión pública de la nanociencia-nanotecnología en España

Como hemos señalado, hasta ahora ninguna de las instituciones y organismos que en España se han ocupado de realizar encuestas sobre percepción pública de la ciencia han contemplado la nanociencia y la nanotecnología en sus estudios. No se puede decir que esto se deba a que su situación aquí sea secundaria o de retraso. Como señalan Serena y Tutor (2011: 49, 51) en primer lugar, los científicos españoles empezaron a auto-organizarse ya a finales de la década de los 90; en segundo lugar, la nano tiene un lugar especial los planes de I+D+i desde 2004 (teniendo en cuenta que el anterior es de 2000); por último, España ha llegado a ocupar el séptimo lugar en producción científica en ese ámbito.

4. Al menos en el modo en que sostendría el modelo clásico de “déficit” que debería hacerlo. Es decir, con manifestaciones de desconfianza y rechazo.

Contrastando con todo esto, y en consonancia con lo señalado al principio de este apartado, también en España es escasa la actividad divulgativa sobre la nanotecnología, sobre todo si nos fijamos en los textos publicados. Como también es escasa su presencia en el ámbito de la educación obligatoria y el bachillerato (Serena y Tutor, 2011). Quizá la explicación de esta carencia tenga que ver con que el ámbito de la comprensión pública de la ciencia está subdesarrollado en España y con que, cuando se institucionalizó a principios de la primera década del siglo XXI, al no existir una tradición previa se hizo con los recursos humanos disponibles en ese momento. A la hora de divulgar tampoco ha habido una tradición entre los científicos españoles ni incentivos para que se dediquen a ello.

Para saber acerca de la percepción pública de la nanotecnología en España tenemos datos de una década, gracias a los barómetros de la Comisión Europea, que son encuestas realizadas periódicamente en los diferentes países de la Unión Europea, ampliándose en algunos casos a otros que no son miembros (Comisión Europea, 2001, 2002, 2005a, 2005b, 2005c, 2010).⁵ Sin embargo, hasta el 2005 los datos son muy escasos. La primera vez que se incluyó alguna pregunta respecto de la nanotecnología fue en el 2001, en la encuesta general *Europeans Science and Technology* (Comisión Europea, 2001).⁶ Pero la información que se puede obtener es mínima, ya que sólo se pregunta a los ciudadanos sobre el grado de familiaridad y el nivel de interés. Y lo mismo ocurre en la del 2002, sobre biotecnología (Comisión Europea, 2002), en la que se pregunta por el impacto futuro que pueden tener un conjunto de tecnologías, entre ellas la nanotecnología.

192

Como se puede ver en la **Tabla 1**, el número de preguntas es escaso hasta la encuesta del 2005, duplicándose en la de 2010. Es de destacar que en todas ellas se pregunta por la “nanotecnología”, no mencionándose la “nanociencia” en ningún caso. Por otro lado, ninguna de estas encuestas es específica sobre la nanotecnología. O bien son sobre aspectos generales de ciencia y tecnología, o bien están focalizadas en la biotecnología. Además, en el caso de las preguntas que se hacen, se interroga sobre cuestiones que conciernen a diversas tecnologías. Tampoco, pues, la mayoría de las preguntas son específicas. Así, por ejemplo, una de las dos preguntas de la encuesta de 2001 pide al entrevistado que priorice entre un conjunto de tecnologías, según el interés que considera que tienen cada una de ellas. El resultado es que la nanotecnología ocupa el último lugar tanto en España como en los quince países en los que se pasó la encuesta. En concreto, en España el porcentaje es del 4,3, siendo la media del conjunto de 3,9.⁷ La razón de esto la debemos atribuir en parte a la forma en que se formula la pregunta, pero sobre todo al desconocimiento existente sobre la nanotecnología, más que al posible desinterés. De hecho, sólo un 14% de los

5. El primer Eurobarómetro se realizó en 1973 a los países que entonces eran miembros. En España empezaron a hacerse en otoño de 1985. En 1989 se hizo el primero específico sobre ciencia y tecnología, el cual se hace periódicamente, lo mismo que el de biotecnología, que se pasa cada tres años desde 1991, y que es de donde se tienen la mayor parte de datos sobre nanotecnología.

6. En Estados Unidos la primera encuesta institucional que incluía alguna pregunta sobre nanotecnología se llevó a cabo ese mismo año, entre finales del 2002 y principios del 2003.

7. Por dar algún dato más, en Irlanda es del 1,1% y en el otro extremo está Holanda, con el 6,6%.

españoles declara que cree saber de qué se le está hablando cuando se le habla de nanotecnología. Ese interés del que hacíamos mención está muy afectado por las variables de género y nivel educativo. Como hemos señalado, para la percepción que existe globalmente, los varones españoles declaran tener más interés por la nanotecnología que las mujeres, y los que tienen mayor nivel educativo también se muestran más interesados que los que tienen menores niveles educativos.

Tabla 1. Preguntas sobre nanotecnología

Año	Temática de la encuesta	Nº de preguntas sobre nanotecnología
2001	Los europeos y la ciencia y la tecnología	2
2002	Biotecnología	1
2005	Los europeos y la ciencia y la tecnología	1
2005	Valores sociales, ciencia y tecnología	1
2005	Biotecnología	7
2010	Biotecnología	15

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de las encuestas de la Comisión Europea

La única encuesta donde podamos decir que hay un conjunto específico de preguntas sobre nanotecnología es la de 2010, en la que encontramos un paquete de diez preguntas que tratan de conocer las actitudes ante ella. En conjunto, las cuestiones conciernen a los siguientes aspectos:

- grado de interés personal y social
- grado declarado de familiaridad
- expectativas respecto de sus consecuencias sociales en un futuro próximo
- grado de aceptabilidad
- grado de apoyo o fomento
- grado de confianza
- obtención de información

De los eurobarómetros que estamos tratando, dos aspectos negativos que queremos destacar son que, en primer lugar, hay preguntas que no se repiten en encuestas posteriores y, en segundo lugar, que algunas de las que se repiten son formuladas en términos distintos en cada una de ellas, impidiendo en ambos casos comparar resultados o hacer comparaciones adecuadas.

El primer dato que destaca para los diferentes preguntas que conciernen a la nanotecnología es el alto porcentaje de no respuesta o de “no sabe”. Puede oscilar, según la pregunta, entre casi el 30% y el 70%. La nanotecnología es la tecnología del “no sabe”. Este hecho, aparte de ser un dato global importante a tener en cuenta a la hora de determinar determinadas políticas públicas o actuaciones, también minimiza

muchas de las comparaciones que se puedan establecer entre años o entre países.

Es un hecho destacable que la familiaridad respecto de la nanotecnología sea realmente baja, pero también es bastante comprensible por su novedad, sobre todo en los primeros años. Aunque quizá ya no tanto si pensamos en los resultados de 2010. Si nos fijamos en los últimos datos disponibles, los de 2010, encontramos que un poco más de la mitad de la población europea no ha oído hablar para nada de la nanotecnología: el 54%, en concreto. En el caso de España el porcentaje es del 68%. Mirando el conjunto, es Irlanda el país de la Unión Europea que tiene el porcentaje más alto, un 74%, y Dinamarca el más bajo, un 21%.

De todos modos, las cifras suben todavía más si incluimos a aquellas personas que han oído hablar de ella, pero no saben lo que es. Para la Unión Europea estaríamos hablando de un 75%. Es decir, que tres de cada cuatro ciudadanos europeos no saben realmente qué es la nanotecnología. Para España no tenemos el dato, pero la cifra puede ser algo superior, aunque suponemos que ligeramente por debajo del 86% de la encuesta de 2001. Recordemos que en ella sólo el 14% creía saber de qué se le estaba hablando cuando se le mencionaba la palabra “nanotecnología”. Nosotros estimamos que la cifra de españoles que tienen una noción clara de lo que es la nanotecnología ronda el 5%. Como ya hemos visto, esta ignorancia no es óbice para que predominen actitudes positivas al respecto.

Sin embargo, con tales datos se podría cuestionar que las respuestas sobre confianza y aceptación social de la nanotecnología tengan mucha validez interna. Debemos entender que muchas de las respuestas que se dan fuera del “no sabe” representan posiciones muy inestables y de personas que seguramente responden por asimilación con la innovación tecnológica en general o por palabras específicas que llaman fuertemente la atención en los encuestados cuando se les lee la caracterización de qué es la nanotecnología. En todo caso, diríamos que se trata de una confianza que se tiene sobre unas bases precarias.

En relación con la baja familiaridad, los ciudadanos no manifiestan un interés en buscar información sobre la nanotecnología. Los más interesados e informados se informan a través de revistas y declaran estar dispuestos a saber más. Para los que están menos informados, la televisión es la principal fuente de información. Esta es una tónica general de todos los países de la Unión Europea.

Si nos fijamos en los resultados de encuesta de Estados Unidos, Europa y España en los años 2002, 2005 y 2010, encontramos en general que la actitud hacia la nanotecnología es positiva. Esta es más alta en Estados Unidos que en la Unión Europea (**Tabla 2**). En el caso de España, ésta es más alta que la media de la Unión Europea, donde se observa que entre 2002 y 2005 crece el índice de optimismo, pero baja en 2010, debido a que aumenta el número de escépticos respecto al porvenir futuro de la nanotecnología. Es fácil pensar que este aumento proviene del núcleo de personas que anteriormente respondieron que no sabían.

Tabla 2. Percepción de la nanotecnología en Estados Unidos, la Unión Europea y España

Cree usted que con la nanotecnología...									
2002	US	UE	ESP	2005	UE	ESP	2010	UE	ESP
<i>mejorará la situación (opt.)</i>	50	29	39	<i>mejorará (opt.)</i>	40	-	<i>mejorará (opt.)</i>	41	42
<i>empeorará (pesim.)</i>	4	6	3	<i>empeorará (pesim.)</i>	5	-	<i>empeorará (pesim.)</i>	10	8
<i>No efecto</i>	12	12	7	<i>No efecto</i>	13	-	<i>No efecto</i>	9	3
<i>No sabe</i>	35	53	52	<i>No sabe</i>	42	-	<i>No sabe</i>	40	47

Fuente: elaboración propia a partir de las encuestas de la Comisión Europea y Gaskell et al (2004).

Si tenemos en cuenta este dato, esto es: el desconocimiento existente, junto con la imagen positiva, podemos cuestionar, aunque sea parcialmente el modelo de clásico déficit, que sostiene que a mayor conocimiento mejora la actitud pública ante la ciencia y la tecnología, y que el rechazo y la desconfianza son producto de la ignorancia. En el caso de la nanotecnología, se cumple lo primero pero no lo segundo. También quienes desconocen qué es la nanotecnología tienen una actitud positiva. En ningún caso existe alarmismo sobre las potenciales consecuencias negativas de la nanotecnología.

195

Hay que volver a insistir en que, con niveles tan altos de desconocimiento, los datos que se pueden obtener pueden estar bastante sesgados. Aun así, señalar a este respecto que los ciudadanos europeos se muestran favorables al fomento de la nanotecnología. La respuesta que dan los españoles sobre el apoyo y fomento de la nano no se va mucho de la media europea. Un 37% por ciento de los españoles se muestra favorable a ello, frente a un 22% que se muestra en desacuerdo.

Nanotecnología-nanociencia, ¿informar o dialogar?

En este decenio de estudio de la comprensión pública de la nanociencia-nanotecnología, el interés ha estado muy orientado a recabar información sobre la opinión pública. En general, los datos de percepción pública, y particularmente las encuestas de percepción, son fundamentales en la investigación social. Pero también tienen una dimensión aplicada. Son instrumentos para detectar carencias, predecir y gestionar las reacciones sociales ante las nuevas tecnologías. Y a partir de ahí establecer políticas públicas tanto de financiación como de fomento de la cultura científica, sea a nivel formal, en el sistema escolar, o con un carácter más general, en forma de programas y actividades de divulgación. En el caso de la nanociencia y la nanotecnología, obtener tales datos era una prioridad y en el futuro inmediato habrá que seguir atento a la percepción pública que, a buen seguro, irá evolucionando y cambiando.

Como hemos visto, hasta ahora la nanotecnología ha pasado bastante desapercibida para la opinión pública, la cual sobre todo ignora lo que es y no tiene expectativas claras sobre sus consecuencias. En España esa nota está más acentuada; lo cual puede que a muchos nanocientíficos y nanotecnólogos no les importe y piensen que les viene bien seguir pasando desapercibidos. Sin embargo, es una situación precaria que puede volverse en contra a las primeras de cambio. En este momento la opinión pública es muy maleable y altamente inestable. Por otro lado, y en relación con ello, como advierten Sheufele y Lewenstein (2005), los individuos no esperan a tener información para formarse una opinión sobre algo. A partir de conexiones con tecnologías previas, metáforas y esquemas cognitivos, como advierte Neresini (2006), ya se la están formando.

Además, cabe tener en cuenta que, en situaciones donde predomina la ignorancia y la incertidumbre es grande, pequeñas cantidades de información sobre la nanociencia y la nanotecnología pueden tener grandes efectos en la formación de una imagen sobre ambas. Hay que insistir en que es un derecho de los ciudadanos tener información realista y fidedigna de aquello que les preocupa o compete como sujetos políticos, trabajadores, pacientes o consumidores.

Ese interés inicial del que hablábamos en el campo de la comprensión pública de la nanociencia y la nanotecnología ha dejado en un segundo plano las cuestiones de la comunicación y la educación de la nanociencia y la nanotecnología. Esas dos, junto a la de la gobernanza, que sí que ha recibido atención, son tres de las cuestiones y elementos fundamentales que emergen de lo que en realidad no es sino todo un proceso largo y complejo. No queremos afirmar con ello que nada se haya hecho al respecto. La propia NNI contemplaba en su formulación programas educativos formales e informales (*National Science and Technology Council*, 2000). Se han formado redes de investigadores como NISE (*Nanoescale Informal Science Education*), dedicadas a promover el conocimiento y la implicación a nivel educativo de la nano. Se han llevado a cabo proyectos como *Nanologue*, *Nanodialogues* y *Nanoyou*, con el objetivo de conseguir una mayor implicación del público y un diálogo entre los agentes sociales implicados. Pero los estudios e informes relacionados con la comunicación de la nanociencia y la nanotecnología, y la comprensión del conocimiento respecto de ambas, son escasos. Algunos ejemplos puede ser los siguientes: Castellini (2007), Bonazzi, (2010), Hochgerner, et al (2010), Serena y Tutor (2011) o Nanobioraise (s/f).

Es importante que la investigación social se ocupe de cuestiones de educación y comunicación, pero también lo es que nanocientíficos y nanotecnólogos se involucren en actividades de divulgación de su actividad. Que exista una implicación por parte de los investigadores es un factor que transmite confianza al público.

Ahora, justo al inicio del desarrollo e implantación de las nanotecnologías, es un buen momento para encauzar la cuestión de manera realista y con rigor, a través de una política de divulgación y comunicación transparente y clara que no exagere los posibles beneficios ni minimice u oculte los posibles riesgos y daños. La confianza es difícil de ganar, pero muy fácil de perder. Se trataría de evitar que pueda imponerse

entre la opinión pública una estructura mental inicial absolutamente distorsionada que condicione fuertemente la posterior información que reciba.

A la hora de aumentar la cultura de la sociedad en materia nanocientífica y nanotecnológica, como punto de partida, se deben tener presente en alguna medida los intereses y preocupaciones del público. O al menos saber cuáles son. Gran parte de las iniciativas de divulgación están centradas en los intereses y preocupaciones de los divulgadores y de los promotores de cultura científica. O de lo que ellos creen que interesa o preocupa al público. La información o conocimiento que se transmita ha de ir un poco más allá de cuestiones básicas como la escala y los conceptos y principios básicos o las potencialidades de las nanotecnologías. También se deben incluir y abordar las cuestiones éticas, legales, medioambientales y sociales. Como ya señalábamos anteriormente, estamos ante lo que llamábamos “ciencia posnormal”, en la cual muchas de las decisiones a tomar trascienden las cuestiones meramente técnicas (Funtowicz y Ravetz, 1993).

Transmitir conocimiento al público es importante, pero también lo es no perder de vista que no se trata de que éste, o la gran mayoría, llegue a ser científico o ingeniero o que sepan tanto como ellos. Se trata de evitar la obsesión por invadir con conocimientos a la gente. Debe quedar claro que la información correcta es necesaria, pero no es garantía de que se vayan a evitar desviaciones o distorsiones en el sentido de malinterpretaciones, percepciones catastrofistas o rechazo social. Además, recordemos que la información o conocimiento sobre la nanotecnología puede aumentar tanto la aceptación como producir el efecto contrario, aumentar el rechazo social.

197

Por otro lado, tengamos también presente que la percepción de la ciencia y la tecnología depende de conocimientos, pero también de afectos y de factores contextuales. Los factores afectivos son fundamentales para llenar la laguna cognitiva que existe sobre la nano. No debe perderse de vista que la divulgación también persigue contagiar el interés por la ciencia y estimular la curiosidad por el mundo en el que vivimos. Y a veces basta con que científicos y tecnólogos cuenten a la sociedad lo que hacen: qué investigan, qué productos desarrollan, para qué puede servir lo que hacen y qué consecuencias puede tener.

Esta implicación debe empezar a plantearse como una tarea colectiva en la que trabajen de manera coordinada científicos naturales, ingenieros, científicos sociales educadores, periodistas o especialistas en comunicación, entre otros. Se debe tomar conciencia del papel que tienen los medios de comunicación en la formación de la opinión pública, así como que el público no es una entidad homogénea sino diversa. Que lo que en realidad hay son “públicos de la ciencia”. Y los resultados de los estudios de comprensión pública deben iluminar sobre esa diversidad; así como la labor de los especialistas en comunicación debe ser orientar sobre los formatos, las estrategias y los medios para hacer llegar la información. Mas no sólo hay que fijarse en la optimización comunicativa, sino también en el incremento de la participación de una manera dialógica y bidireccional que involucre al público en el proceso (Cobb, 2002; Pidgeon y Rogers-Hayden, 2007; Bonazzi, 2010). Se trata también de mejorar el

diálogo entre los expertos y los ciudadanos y de promover la participación ciudadana en el debate sobre los escenarios futuros de la nanotecnología.

La tarea no es fácil. El bajo interés y el desconocimiento que la mayor parte de la población tiene sobre nanociencia y nanotecnología, por un lado, y la poca formación y la falta de incentivos que tienen los científicos e ingenieros en general y los españoles en particular, por el otro, llevan a que estos se impliquen poco (Torres et al, 2011). Pero, dado el panorama que hemos visto, podríamos volver a señalar la idea de que la comprensión pública de la nanotecnología está en un momento crucial, y que ahora los pasos deben ir en la dirección de la enseñanza, la divulgación, la comunicación y la gobernanza. Es decir, “conectar” con el público. No se puede focalizar sólo la atención en constatar cómo va cambiando o no la percepción de la sociedad y esperar a ver venir los acontecimientos. Es un riesgo. Para esto no es ni mucho menos tarde, pero tampoco se puede decir que sea demasiado pronto. Quizá es el momento oportuno. El de la nanotecnología es un futuro abierto que depende de muchos factores, no sólo de los logros cognitivos en el campo. También está en función de las políticas de comunicación que se desarrollen. Aunque, en realidad, ambos aspectos están conectados entre sí. Es lo propio en una sociedad cada vez más reflexiva o del conocimiento, por más paradojas y disfunciones que sobre ello podamos encontrarnos.

Bibliografía

ANDERSON, A. S., PETERSEN, A. y WILKINSON, C. (2005): “The Framing of Nanotechnologies in the British Newspaper Press,” *Science Communication*, vol. 27, nº 2, pp. 200-220.

AZKARATE, G. (2008): *Aplicaciones Industriales de las Nanotecnologías en España en el Horizonte 2020*. Estudio de Prospectiva, Madrid, Fundación OPTI.

BAINBRIDGE, W. S. (2002): “Public attitudes towards nanotechnology”, *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 4, nº 6, pp. 561-570.

BAINBRIDGE, W. S. (2004): *Sociocultural meanings of nanotechnology: Research methodologies*. *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 6, pp. 285 - 299.

BESLEY, J. C.; KRAMER, V. L., y PRIEST, S. H. (2008): “Expert opinion on nanotechnology: risks, benefits, and regulation”, *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 10, pp. 549-558.

BONAZZI, M. (2010): *Communicating nanotechnology. Why, to whom, saying what and how? An action-packed roadmap towards a brand new dialogue*, Luxemburgo, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

BOWMAN, D, y HODGE, G. (2007): "Nanotechnology and Public Interest Dialogue: Some International Observations", *Bulletin of Science, Technology and Society*, vol. 27, n° 2: pp. 118-132.

BROSSARD, D., SHEUFELE, D. A., KIM, E. y LEWENSTEIN, B. V. (2009): "Religiosity as a perceptual filter: examining processes of opinion formation about nanotechnology", *Public Understanding of Science*, vol. 18, n° 5, pp. 546-558.

BURRI, R.V. (2009): "Coping with Uncertainty: Assessing Nanotechnologies in a Citizen Panel in Switzerland," *Public Understanding of Science*, vol. 18, n° 5, pp. 498-511.

BURRI, R. V. y BELLUCCI, S. (2008): "Public perception of nanotechnology", *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 10, n° 3, pp. 387-391.

CANADIAN BIOTECHNOLOGY SECRETARIAT (2005): *International Public Opinion Research on Emerging Technologies: Canada-US Survey Results*. Disponible en: <http://www.biportal.gc.ca/english/View.asp?pmiid=524yx=720>.

CACCIATORE, M. A., SCHEUFELE, D. A. y CORLEY, E.A. (2011): "From enabling technology to applications: The evolution of risk perceptions about", *Public Understanding of Science*, vol. 20, n° 3, 385-404.

CASTELLINI, O. M., WALEJKO, G. K., HOLLADAY, C. E., THEIM, T. J., ZENNER G. M. y CRONE, W. C. (2007): "Nanotechnology and the public: Effectively communicating nanoscale science and engineering concepts", *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 9, pp. 183-189.

199

CHILVERS, J. (2006): *Engaging Research Councils? An evaluation of a Nanodialogues experiment in upstream public engagement*, Birmingham, University of Birmingham. Disponible en: <http://www.epsrc.ac.uk/CMSWeb/Downloads/Other/NanodialogueEngagingResearchCouncilsEvaluationReport.pdf>.

COBB, M. D. (2005): "Framing effects on public opinion about nanotechnology", *Science Communication*, vol. 27, n° 2, pp. 221-239.

COBB, M. D. y MACOUBRIE, J. (2004): "Public perceptions about nanotechnology: Risks, benefits, and trust", *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 6, n° 4, pp. 395-405.

COMISIÓN EUROPEA (2001): *Eurobarometer 55.2: Europeans, Science and Technology*. Eurobarometer Special Survey 154, Bruselas, Directorate General Press and Communication.

COMISIÓN EUROPEA (2002): *Eurobarometer 58.0: Europeans and Biotechnology in 2002*, Bruselas, Directorate General Press and Communication.

COMISIÓN EUROPEA (2005a): *Eurobarometer 63.1 Europeans, Science and Technology*. Eurobarometer Special Survey 224, Bruselas, Directorate General Press and Communication.

COMISIÓN EUROPEA (2005b): *Eurobarometer 63.1: Social Values, Science and Technology, Special Eurobarometer 225*, Bruselas, Directorate General Press and Communication.

COMISIÓN EUROPEA (2005c): *Eurobarometer 64.3 survey: Europeans and Biotechnology in 2005: Patterns and Trends*, Bruselas, Directorate General Press and Communication.

COMISIÓN EUROPEA (2010): *Eurobarometer 73.1: Biotechnology*. Special Eurobarometer 341, Bruselas, Directorate General Press and Communication.

COOK, A. J. y FAIRWEATHER, J.R. (2007): "Intentions of New Zealanders to purchase lamb or beef made using nanotechnology", *British Food Journal*, vol. 109, nº 9, pp. 675-688.

CURRALL, S. C., KING, E. B., LANE, N., MADERA, J. y TURNER, S. (2006): "What Drives Public Acceptance of Nanotechnology?", *Nature Nanotechnology*, vol. 1, nº 3, pp. 153-155.

200 DAVIES, S. R. (2011): "How we talk when we talk about nano: The future in laypeople's talk", *Futures*, vol. 43, nº 3, pp. 317-326.

DE CÓZAR, J.M. (2009): "Gobernar la nanotecnología. Un (breve) ensayo de democracia técnica", en J. Riechmann (coord.): *Nanomundos, multiconflictos. Una aproximación a las nanotecnologías*, Barcelona, Icaria, pp. 93-107.

DOUBLEDAY, R. (2007): "Risk, public engagement and reflexivity: Alternative framings of the public dimensions of nanotechnology", *Health, Risk y Society*, vol. 9, nº 2, pp. 211-227.

EINSIEDEL, E. F. y GOLDENBERG, L. (2004): "Dwarfing the social? Nanotechnology lessons from the biotechnology front", *Bulletin of Science, Technology y Society*, vol. 24, nº 1, pp. 28-33.

EINSIEDEL, E. F. (2005): "In the public eye: the early landscape of nanotechnology among Canadian and US publics", *Azonano*, vol. 1, pp. 1-10.

FABER, B. (2006): "Popularizing Nanoscience: The Public Rhetoric of Nanotechnology, 1986-1999", *Technical Communication Quarterly*, vol. 15, nº 2, pp. 141-69.

FOGELBERG, H. y GLIMELL, H. (2003): *Bringing Visibility To the Invisible: Towards A Social Understanding of Nanotechnology*, Goteborg, Universidad de Goteborg.

FRIEDMAN, S. M. y EGOLFF, B. P. (2005): "Nanotechnology: Risks and the Media," *IEEE Technology and Society Magazine*, vol. 24, pp. 5-11.

FUJITA, Y., YOKOHAA, H. y ABE, S. (2006): "Perception of nanotechnology among the general public in Japan-of the NRI Nanotechnology and Society Survey Project", *Asia Pacific Nanotech Weekly*, vol. 4, nº 1-2.

FUNTOWICZ, S. O. y RAVETZ, J. R. (1993/2000): *La ciencia posnormal: Ciencia con la gente*, Barcelona, Icaria.

GASKELL, G., EYCK, T. T., JACKSON, J. y VELTRI, G. (2004): "Public attitudes to nanotechnology in Europe and the United States". *Nature Materials*, vol. 3, p. 496.

GASKELL, G., EYCK, T. T., JACKSON, J. y VELTRI, G. (2005): "Imagining nanotechnology: cultural support for technological innovation in Europe and the United States", *Public Understanding of Science*, vol. 14, nº 1, pp. 81-90.

GORSS, J. y LEWENSTEIN, B. V. (2005): "The Saliency of Small: Nanotechnology Coverage in the American Press,1986-2004", reporte presentando en la conferencia annual de la International Communication Association, 26-30 May, Nueva York.

GREGORY, R., FLYNN, J. y SLOVIC, P. (2001): "Technological stigma", en J. Flynn, P. Slovic, y H. Kunreuther (eds.): *Risk, Media and Stigma: Understanding Public Challenges to Modern Science y Technology*, Londres, Earthscan, pp. 3-8.

201

GROBE, A., SCHNEIDER, C., SCHETULA, V., REKIC, M. y NAWRATH, S. (2008): "Nanotechnologien. Was Verbraucher wissen wollen (Nanotechnologies: what consumers like to know)", Berlín. Disponible en: http://www.vzbv.de/mediapics/studie_nanotechnologien_vzbv.pdf.

HART, P. D. RESEARCH ASSOCIATES (2006): *Report findings*, Washington, Peter D. Hart Research Associates, Inc. Disponible en: http://www.nanotechproject.org/file_download/files/HartReport.pdf.

HART, P. D. RESEARCH ASSOCIATES (2007): *Awareness of and Attitudes toward Nanotechnology and Federal Regulatory Agencies*, Washington, Peter D. Hart Research Associates, Inc. Disponible en: http://www.nanotechproject.org/process/files/5888/hart_nanopoll_2007.pdf.

HART, P. D. RESEARCH ASSOCIATES (2008): *Awareness of and Attitudes toward Nanotechnology and Synthetic Biology*, Washington, Peter D. Hart Research Associates, Inc. Disponible en: <http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/7040/final-synbioreport.pdf>.

HART, P. D. RESEARCH ASSOCIATES (2009): *Hart surveys Nanotechnology, Synthetic Biology and Public Opinion*, Washington, Peter D. Hart Research Associates, Inc. Disponible en: <http://www.nanotechproject.org/publications/archive/8286/>.

HAYHURST, R., HECKL, W. M., MAGLIO, G., TÜRK, V. y BENNETT, D. (2005): "Talking Nano- What Makes Nanotechnology Special", en M. Claessens (ed.): *Communicating European Research 2005*, pp. 227-232.

HO, S. H., SCHEUFELE, D. A. y CORLEY, E. A. (2011): "Value Predispositions, Mass Media, and Attitudes Toward Nanotechnology: The Interplay of Public and Experts", *Science Communication*, vol. 33, nº 2, pp. 167-200.

HOCHGERNER, J., MARSCHALEK, I., MOSER, P., STRASSER, M., BLUM, J., SCHWARZER, S. y ZEGLOVITS, E. (2010): *Nanoyou-WP1. Report on the Analysis of Survey Responses*. Disponible en: http://nanoyou.eu/attachments/495_NANOYO_U_D1.2_ZSI.pdf.

HOSSEINI, S. M. y REZAEI, R. (2011): "Factors affecting the perceptions of Iranian agricultural researchers towards", *Public Understanding of Science*, vol. 20, nº 4, pp. 513-524.

ILE-DE-FRANCE (2007): *Citizens Recommendations on Nanotechnology*, París, Espace Projects.

KAHAN, D. M., SLOVIC, P., BRAMAN, D., GASTIL, J. y COHEN, G. (2007): *Nanotechnology Risk Perceptions-The Influence of Affect and Values*. Disponible en: http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/2710/164_nanotechriskperceptions_dankahan.pdf.

KAHAN, D.M., BRAMAN, D., SLOVIC, P., GASTIL, J. y COHEN, G. (2009): "Cultural Cognition of the Risks and Benefits of Nanotechnology," *Nature Nanotechnology*, vol. 4, nº 2, pp. 87-90.

KAPLAN, S. y RADIN, J. (2011): "Bounding an emerging technology: Para-scientific media and the Drexler-Smalley debate about nanotechnology", *Social Studies of Science*, vol. 41, nº 4, pp. 457-485.

KATZ, E., LOVEL, R., MEE, W. y SOLOMON, F. (2005): *Citizens' Panel on Nanotechnology. Report to Participants*. DMR-2673, CSIRO Minerals. Clayton South, Australia. Disponible en: http://www.minerals.csiro.au/sd/pubs/Citizens_Panel_Report_to_Participants_April_2005_final_110.pdf.

KEARNES, M., MACNAGHTEN, P. y WILSDON, J. (2006): *Governing at the Nanoscale: People, Policies and Emerging Technologies*, Londres, Demos.

LAURENT, B. (2009): *Replicating participatory devices: the consensus conference confronts nanotechnology*, Working Papers, nº 18, París, Centre de Sociologie de l'Innovation. Disponible en: <http://www.csi.ensmp.fr/>.

LEE, C. J.; SCHEUFELE, D. A. y LEWENSTEIN, B. V. (2005): "Public attitudes toward emerging technologies: examining the interactive effects of cognitions and affect on

public attitudes toward nanotechnology”, *Science Communication*, vol. 27, nº 2, pp. 240-267.

LEWENSTEIN, B.V. (2005): “Nanotechnology and the public”, *Science Communication*, vol. 27, nº 2, pp.169-174.

LEWENSTEIN B. V., RADIN, J. y DIELS, J. (2007): “Nanotechnology in the media: A preliminary analysis”, en M. C. Rocco y W. S. Bainbridge (eds): *Nanotechnology: Societal Implications II: Individual Perspectives*, Dordrecht, Springer, pp. 258-224.

MACNAGHTEN, P. y GUIVANT, J. S. (2011): “Converging citizens? Nanotechnology and the political imaginary of public engagement in Brazil and the United Kingdom”, *Public Understanding of Science*, vol. 20, nº2, pp. 207-220

MACNAGHTEN P., KEARNES M, y WYNNE B. (2005): “Nanotechnology, governance and public deliberation: What role for the social sciences?”, *Science Communication*, vol. 27, nº 2, pp. 268-287.

MACOUBRIE, J. (2006): “Nanotechnology: public concerns, reasoning and trust in government”, *Public Understanding of Science*, vol. 15, nº2, pp. 221-241.

MARKET ATTITUDE RESEARCH SERVICES (2008): *Australian community attitudes held about nanotechnology-trends 2005-2008*, Australian Office of Nanotechnology report. Disponible en: http://www.innovation.gov.au/Industry/Nanotechnology/PublicAwarenessandEngagement/Documents/Nanotechnology_Public_Atitudes_2009.pdf.

203

MCCRAY P. (2005): “Will small be beautiful? Making policies for our nanotech future”, *History and Technology*, vol. 21, nº2, pp. 177-203.

MEE, W., LOVEL, R., SOLOMON, F., KEARNS, A., CAMERON, F. y TURNEY, T. (2004): *Nanotechnology: The Bednigo Workshop*, Clayton South. Disponible en: <http://www.minerals.csiro.au/sd/pubs/Public%20report.pdf>.

MEHTA, M. D. (2004): “From Biotechnology to Nanotechnology: What Can We Learn From Earlier Technologies?”, *Bulletin of Science, Technology y Society*, vol. 24, nº 1, pp. 34-39.

NANOBIORASE (s/f): *Public Perceptions and Communication about Nanobiotechnology*, Delft, NanoBio-RAISE Co-ordination office. Disponible en: <http://files.nanobio-raise.org/Downloads/NanoPublicFINAL.pdf>.

NANOJURY (2005): *NanoJury UK: Our Provisional Recommendations*, Londres, NanoJury UK. Disponible en: <http://www.greenpeace.org.uk/files/pdfs/migrated/MultimediaFiles/Live/FullReport/7249.pdf>.

NANOLOGUE (2006): *Nanologue. Opinions on the Ethical, legal and Social Aspects of Nanotechnologies*. Results from a Consultation with Representatives from

Research, Business and Civil Society. Disponible en: <http://www.nanologue.net/custom/user/Downloads/NanologueWP34FinalPublic.pdf>.

NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL (2000): *National nanotechnology initiative: Leading to the next industrial revolution. A report by the Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology*, Washington. Disponible en: <http://www.whitehouse.gov/files/documents/ostp/NSTC%20Reports/NNI2000.pdf>.

NERESINI, F. (2006): "Starting off on the wrong foot: The public perception of nanotechnology and the deficit model", *Nanotechnology Perceptions*, vol. 2, nº2, pp.189-195.

NERLICH, B., CLARKE, D. D. y ULPH, F. (2007): "Risks and benefits of nanotechnology: How young adults perceive possible advances in nanomedicine compared with conventional treatments", *Health, Risk y Society*, vol. 9, nº 2, pp.159-171.

NISBET, M. C. y LEWENSTEIN, B.V. (2002): "Biotechnology and the American media: the policy process and the elite press, 1970-1999", *Science Communication*, vol. 23, nº4, pp. 359-391.

PETERSEN, A., ANDERSON, A., WILKINSON, C. y ALLAN, S. (2007): "Nanotechnologies, risk and society", *Health, Risk y Society*, vol. 9, nº 2, pp. 117-124.

PIDGEON, N. y ROGERS-HAYDEN, T. (2007): "Opening up nanotechnology dialogue with the publics: Risk communication or 'upstream engagement'?", *Health, Risk y Society*, vol. 9, nº 2, pp. 191-210.

PIDGEON, N., HARTHORN, B.H., BRYANT, K. y ROGERS-HAYDEN, T. (2008): "Deliberating the Risks of Nanotechnologies for Energy and Health Applications in the United States and United Kingdom", *Nature Nanotechnology*, vol. 4, pp. 95-98.

POLLARA, I. (2004): "Public Opinion Research Findings on Emerging Technologies", Disponible en: <http://www.biportal.gc.ca/english/View.asp?x=524ymp=521>.

POWELL, M. C. y KLEINMAN, D. L. (2008): "Building citizen capacities for participation in nanotechnology decision-making: the democratic virtues of the consensus conference model", *Public Understanding of Science*, vol. 17, nº 3, pp. 329-348.

POWELL, M.C (2007): "New risk or old risk, high risk or no risk? How scientists' standpoints shape their nanotechnology risk frames", *Health, Risk y Society*, vol. 9, nº 2, pp. 173-190.

PRIEST, S.H. (2005): "Commentary-Room at the Bottom of Pandora's Box: Peril and Promise in Communicating Nanotechnology", *Science Communication*, vol. 27, nº 2, pp. 292-299.

PRIEST, S.H. (2006): "The North American opinion climate for nanotechnology and its products: opportunities and challenges", *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 8, pp. 563-568.

RENN, O. y ROCO, M.C. (2006): "Nanotechnology and the need for risk governance", *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 8, nº 2, pp. 153-191.

REY, L. (2006): *Public Reactions to Nanotechnology in Switzerland: Report on publifocus discussion forum 'Nanotechnology, Health and the Environment'*, Berna, Centre for Technology Assessment at the Swiss Science and Technology Council. Disponible en: http://www.ta-swiss.ch/a/nano_pfna/2006_TAP8_Nanotechnologien_e.pdf.

ROCO, M. C. (2003): "Broader societal issues of nanotechnology", *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 5, pp. 181-189.

ROCO, M. C. y BAINBRIDGE, W. S. (2001): *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

ROYAL SOCIETY (2004): *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*, Londres. Disponible en: <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>.

ROYAL SOCIETY AND ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING (2004): *Nanotechnologies: Views of the General Public*, Londres. Disponible en: <http://www.nanotec.org.uk/Market%20Research.pdf>.

205

SATTERFIELD, T., KANDLIKAR, M., BEAUDRIE, C. E. H., CONTI, J. y HARTHORN, B. H. (2009): "Anticipating the perceived risk of nanotechnologies", *Nature Nanotechnology*, vol. 4, pp. 752-758.

SCHEUFELE, D. A. (2006): "Five lessons in nano outreach", *Materials Today*, vol. 9, nº 5, p. 64.

SCHEUFELE, D. A. y LEWENSTEIN, B. V. (2005): "The public and nanotechnology: how citizens make sense of emerging technologies", *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 7, pp. 659-657.

SCHEUFELE, D. A., CORLEY, E. A., DUNWOODY, S., SHIH, T. J., HILLBACK, E. y GUSTON, D. H. (2007): "Scientists Worry about Some Risks More than the Public", *Nature Nanotechnology*, vol. 2, nº 12, pp. 732-734.

SCHEUFELE, D. A., CORLEY, E., SHIH, T. J., DALRYMPLE, K. y HO, S. (2008): "Religious Beliefs and Public Attitudes toward Nanotechnology in Europe and the United States", *Nature Nanotechnology*, vol. 4, nº 1, pp. 91-94.

SCHMIDT KJÆGAARD, R. (2010): "Making a small country count: nanotechnology in Danish newspapers from 1996 to 2006", *Public Understanding of Science*, vol. 19, nº 1, pp. 80-97.

SCHOMBERG, R. V. y DAVIES, S. (2010): *Understanding Public Debate on Nanotechnologies*. Options for Framing Public Policy, Bruselas, Comisión Europea. Disponible en: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/understanding-public-debate-on-nanotechnologies_en.pdf.

SCHUMMER, J. (2005): "Reading nano: the public interest in nanotechnology as reflected in purchase patterns of books", *Public Understanding of Science*, vol. 14, nº 2, pp. 163-183.

SCHÜTZ, H. y WIEDEMANN, P. M. (2008): "Framing effects on risk perception of nanotechnology", *Public Understanding of Science*, vol. 17, nº 4, pp. 369-379.

SELIN C. (2007): "Expectations and the emergence of nanotechnology", *Science, Technology, y Human Values*, vol. 32, nº, pp. 196-220.

SERENA, P. A. y TUTOR, J. D. (2011): "La divulgación y la formación de la nanociencia y la nanotecnología en España: un largo camino por delante", *Mundo nano. Revista interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología*, vol. 4, nº 2, pp. 48-58.

SIEGRIST, M., COUSIN, M. E., KASTENHOLZ, H. y WIEK, A. (2007a): "Public acceptance of nanotechnology foods and food packaging: The influence of affect and trust", *Appetite*, vol. 49, nº 2, pp. 459-466.

206

SIEGRIST, M., KELLER, C., KASTENHOLZ, H., FREY, S. y WIEK, A. (2007b): "Laypeople's and Experts' Perception of Nanotechnology Hazards," *Risk Analysis*, vol. 27, nº 1, pp. 59-69.

STEPHENS, L. F. (2005): "News Narratives about Nano SyT in Major U.S. and Non-U.S. Newspapers," *Science Communication*, vol. 27, nº 2, pp. 175-99.

STILGOE, J. (2006): *A People's Inquiry on Nanotechnology and the Environment*, Londres, Demos.

STILGOE, J. (2007): *Nanodialogues: Experiments in public engagement with science*, Londres. Disponible en: <http://www.demos.co.uk/files/Nanodialogues%20-%20web.pdf>.

TE KULVE, H. (2006): "Evolving repertoires: nanotechnology in daily newspapers in the Netherlands", *Science as Culture*, vol. 15, nº 4, pp. 367-382.

TORRES, C., FERNÁNDEZ-ESQUINAS, M., REY-ROCHA, J. y MARTÍN-SEMPERE, M. J. (2011): "Dissemination practices in the Spanish research system: scientists trapped in a golden cage", *Public Understanding of Science*, vol. 20, nº 1, pp. 12-25.

VANDERMOERE, F., BLANCHEMANCHE, S., BIEBERSTEIN, A., MARETTE, S. y ROOSEN, J. (2011): "The public understanding of nanotechnology in the food domain:

The hidden role of views on science, technology, and nature”, *Public Understanding of Science*, vol. 20, n° 2, pp. 195-206.

WALDRON, A., DOUGLAS, S, y BATT, C. (2006): “The current state of public understanding of nanotechnology”, *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 8, n° 5, pp. 569-575.

WILKINSON, C., ALLAN, S., ANDERSON, A. y PETERSEN, A. (2007): “From uncertainty to risk?: Scientific and news media portrayals of nanoparticle safety”, *Health, Risk y Society*, vol. 9, n° 2, pp. 145-157.

ZIMMER, R., DOMASCH, S., SCHOLL, G., ZSCHIESCHE, M., PETSCHOW, U., HERTEL, R.F., y BÖL, G. F. (2007): “Nanotechnologien im öffentlichen Diskurs: Deutsche Verbraucherkonferenz mit Votum. Technikfolgenabschätzung”, *Theorie und Praxis*, vol. 3, pp. 98-101.

ZIMMER, R., HERTEL, R. y BÖL, G. F. (eds.) (2010): *BfR Delphi Study on Nanotechnology Expert Survey of the Use of Nanomaterials in Food and Consumer Products*, Berlin, Federal Institute for Risk Assessment. Disponible en: http://www.bfr.bund.de/cm/350/bfr_delphi_study_on_nanotechnology.pdf.

La comprensión pública de la biotecnología. El caso de los alimentos transgénicos en cursos de posgrado

Public understanding of biotechnology. The case of GM food in postgraduate courses

José M. Cabo, Carmen Enrique y Marianela Morales *

El presente trabajo trata sobre la inclusión de controversias socio-tecnológicas en el contexto de la formación posgraduada CTS. Se trata de un caso desarrollado en la maestría de Estudios Sociales de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Cienfuegos (Cuba), y se describen los resultados de una intervención didáctica sobre alimentos transgénicos, que se contextualizó en el mismo país. Se considera como variable problemática el tiempo necesario para desarrollar metodologías activas en cursos concentrados en una semana, considerando como finalidad de la intervención la alfabetización socio-tecnológica de los participantes. A partir de experiencias precedentes, se busca mejorar la metodología docente, basada en debates y discusiones en pequeño grupo, puestas en común y pequeñas investigaciones no presenciales. Se describen los resultados obtenidos, y se identifican los contenidos CTS que afloran en las discusiones y debates. Los resultados obtenidos permiten afirmar que la metodología aplicada y el tratamiento de controversias contextualizadas sobre transgénicos mejoran los resultados sobre alfabetización de las experiencias precedentes, al tiempo que resultan útiles para la introducción en contexto de contenidos CTS como el principio de prudencia, la evaluación de tecnologías, el control social de las tecnologías, el diálogo de saberes y la percepción de riesgos.

209

Palabras clave: educación CTS, controversias socio-tecnológicas, cursos de posgrado, alimentos transgénicos

This work deals with socio-technological controversies within the context of STS postgraduate education. The case describes the results of a didactic intervention on GM food in Cuba that was given as part of the Master of Social Studies in Science and Technology of the University of Cienfuegos. The time needed to develop the active methodologies in one-week courses is a key aspect in this study, given that the goal of the intervention was to give the participants a socio-technological grounding in this material. Using previous experiences, the goal is to improve the educational methodology based on debates and discussions in small groups and minor research carried out at a distance. This article describes the results obtained and identifies the STS subject matter that emerges during discussions and debates. The results indicate that the methodology applied and the focus on contextualized controversies about GM food improve the results of teaching prior experiences, while also serving as a useful introduction to STS subjects such as the precautionary principle, the evaluation of technologies, social control of technologies, the knowledge dialogue and risk perception.

Key words: STS education, socio-technological controversies, STS postgraduate courses, GM food

* José M. Cabo: Facultad de Educación y Humanidades de Melilla (UGR/España), Dpto. Didáctica Ciencias Experimentales. Correo electrónico: jmcabo@ugr.es. Carmen Enrique: Facultad de Educación y Humanidades de Melilla (UGR/España), Dpto. de Química Inorgánica. Correo electrónico: cenrique@ugr.es. Marianela Morales: Cátedra Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación, Universidad de Cienfuegos (UCF/Cuba), Cátedra CTS de Cienfuegos. Correo electrónico: mcmora@ucf.edu.cu.

Introducción

Los cambios sustanciales que determinaron la aceleración del factor tecnológico en la producción, así como también la conversión de la ciencia y la tecnología en un objeto de investigación que desbordó su interpretación filosófica, reclamaron una lectura crítica de su naturaleza y funciones después de la Segunda Guerra Mundial. Desde ese momento se hizo fundamental la valoración sobre sus determinaciones sociales, ampliándose la interpretación sobre sus contextos de desarrollo, su condicionamiento y sus impactos a escala de toda la sociedad.

El tratamiento de esos asuntos ha determinado la proliferación de abordajes sociológicos que permiten identificar las características de la formulación, difusión y aplicación de la ciencia y la tecnología, orientándose hacia las complejidades de sus contenidos internos, de sus formas de producción, justificación, asimilación, transmisión, legitimación social y educativa (Echevarría, 1995) y del corrimiento de sus representaciones (Núñez, 1999; Morales, Gómez y Moya, 2011).

Para Núñez (1999), lo que se opera es una interpretación que remite a su consideración como un proceso social, con significado para un contexto cultural e histórico determinado, que debe ser considerado en los abordajes educativos de todos los niveles de educación. En general, las tendencias fundamentales de su interpretación (las naturalizadoras, los enfoques históricos, axiológicos, filosóficos, sociológicos) han conducido a una evaluación contextual de los factores culturales, valorativos e ideopolíticos que penetran toda la actividad científico-tecnológica, sus resultados y las opiniones de la sociedad sobre su desenvolvimiento.

Dentro de los cambios que se operan en estas interpretaciones, se distinguen los estudios sobre ciencia, tecnología y sociedad (CTS) como una orientación que remite al análisis de las complejidades socioculturales y a la revalorización de la imagen social de la ciencia y la tecnología desde una postura crítica.

En el área de la educación, donde se intenta conformar una nueva imagen no racionalista de la ciencia y la tecnología en sociedad, se concentran los esfuerzos en el fomento de programas interdisciplinarios de enseñanza y en la introducción de temas que inducen los análisis propios de dicha orientación, en todos los niveles (González, López y Luján, 1996). Instaurados en algunos países de América Latina, América del Norte y Europa, estos programas e iniciativas intentan lecturas de las determinaciones político-valorativas de la ciencia y la tecnología, así como la actuación ciudadana y profesional responsable ante sus riesgos y desarrollos.

De manera particular, la universidad tiene una importante responsabilidad en la modificación y conformación de los paradigmas que determinan las políticas científico-tecnológicas y educativas, sus procesos de innovación y gestión, y la asimilación de nuevas visiones de la realidad, toda vez que el fin de la educación en ese nivel debería orientarse hacia el desarrollo de conocimientos y actitudes que permitan superar la tradicional diferenciación entre el pensamiento humanista y el científico-ingenieril. Su sesgo constituye uno de los problemas fundamentales de la crisis de la educación contemporánea (Morales, 2009).

Contextualización sobre formación de posgrado en CTS

Cuando nos referimos a formación de posgrado en CTS nos referimos bien a contenidos generales sobre CTS o educación CTS en cursos de doctorado o módulos de máster (“maestrías” en el ámbito latinoamericano) orientados a la investigación; a la docencia de secundaria, como el actual máster de formación del profesorado español; o bien a módulos sobre la percepción social de ciencia y tecnología, en maestrías sobre estudios sociales de ciencia y tecnología, como en el caso que nos ocupa, donde participan profesionales de diversas áreas del conocimiento.

El objeto general de estas actividades está relacionado con la familiarización o la profundización de los profesionales involucrados en los aspectos que definen la dimensión social de la ciencia y la tecnología y las variaciones de su objeto, abordadas desde disímiles perspectivas: histórica, filosófica, sociológica, ética y económica, entre otras. En el contexto de los autores de este trabajo, nuestra participación en este tipo de actividades formativas, en varias decenas de casos, en España y en países latinoamericanos, nos remite a un formato de curso concentrado en el tiempo, que puede ser varias semanas pero que generalmente es una sola (o incluso menos).

Los participantes en los procesos formativos aludidos son generalmente profesionales de mediana edad, es decir: personas con una experiencia profesional previa de años, con familia e hijos, hombres y mujeres que además tienen que compaginar el curso o módulo con su trabajo habitual, por lo que no pueden dedicar la semana de forma exclusiva a las tareas formativas que se demandan. Desde un punto de vista contextual, plantearse la metodología docente o los contenidos a enseñar en procesos formativos de posgrado en el ámbito CTS sin analizar el contexto de aplicación, supone el riesgo de hacer propuestas didácticas poco ajustadas a las características de la realidad, difícilmente transferibles, lo cual no contribuirá a una mejora efectiva de la calidad.

211

Planteamiento del problema

Desde la década de los 80, una de las estrategias de enseñanza-aprendizaje utilizada tradicionalmente en la educación CTS es el tratamiento en el aula de estudios de casos y debates sobre controversias socio-tecnológicas (Rosenthal, 1989; Membiela, 2002; Aibar, 2002; Vallverdú, 2005). Para ello se utiliza generalmente algún tipo de metodología basada en la resolución de problemas o en procesos de descubrimiento guiado, que incluye fases de búsqueda y análisis de información, discusiones en pequeño grupo, debates en gran grupo y, finalmente, procesos de toma de decisiones orientados generalmente al entrenamiento de los ciudadanos para la participación social desde posturas informadas (Martín-Gordillo y Osorio, 2003).

El conjunto de acciones encadenadas que las metodologías anteriores precisan representa un problema serio cuando nos enfrentamos a procesos concentrados en el tiempo, con grupos de participantes que tienen una formación inicial diversa, de los que no conocemos sus intereses y motivaciones ni los contextos de su desarrollo

profesional (económico, social, tecno-científico, cultural). La variable determinante en este caso, como ya se dijo, es el tiempo. ¿Cómo reproducir un proceso de indagación y búsqueda de respuestas a preguntas más o menos controvertidas en unas pocas horas de una misma semana? Generalmente el análisis de casos o el debate de controversias no cubre todas las actividades de un curso semanal de alrededor de veinticinco horas presenciales concentradas en cuatro o cinco días, con el añadido de que el origen diverso de participantes nos obliga a veces a crear itinerarios optativos de contenidos para adaptarlos a las demandas de cada tipo de profesional, en forma de encargos de trabajos con los que se evaluará finalmente el curso.

El tratamiento de casos controvertidos y la naturaleza de la ciencia

Rosenthal (1989) dibujó a finales de los 80 dos enfoques para introducir contenidos CTS: la inclusión de temas científicos y tecnológicos relevantes desde el punto de vista personal y social, relacionados con la vida cotidiana, controvertidos o no; y un segundo enfoque más centrado en aspectos culturales relacionados con la filosofía, historia y sociología de la ciencia. El primer enfoque está mucho más presente que el segundo en los libros de texto de ciencias experimentales. A pesar de ello, se encuentran ventajas e inconvenientes en ambos casos, y por esta razón, también se han hecho propuestas de combinar ambos enfoques en el tratamiento de contenidos sobre la naturaleza de la ciencia (Acevedo, 2008).

212

En el ámbito de la didáctica de las ciencias experimentales se han producido en los últimos años en España una serie de trabajos sobre la naturaleza de la ciencia (NdC) que valoran como fructífera esta línea de investigación, plantean como dificultad la falta de consenso característica de los ámbitos filosóficos y enfatizan la necesidad de un consenso sobre los contenidos de la NdC que deben ser enseñados en la educación secundaria obligatoria. Este tema suele estar presente en los cursos de formación posgraduada para los docentes que se desempeñan en el nivel secundario, pero es poco común encontrarlo en el ámbito de la formación posgraduada en estudios sociales de ciencia y tecnología.

El tratamiento didáctico de la naturaleza de la ciencia puede seguir diversas interpretaciones, entre las que se pueden encontrar:

- Las que se centran fundamentalmente en contenidos marcadamente epistemológicos sobre la ciencia, pues subrayan sobre todo las características metodológicas y procedimentales propias, tomando como autor de referencia a Lederman (1992).
- Las que destacan sobre todo aspectos cognitivos en los temas sobre NdC, como Fernández et al (2002), que utilizan términos como “ideas sobre la ciencia”, “ideas ingenuas sobre la ciencia” o “visiones sobre la actividad científica”. En definitiva, los que se preocupan de los resultados de los procesos de construcción de la idea de ciencia como consecuencia de la enseñanza científica en las etapas obligatorias desde una óptica que se ha popularizado como “constructivista”.
- Las que provienen de la tradición investigadora de las actitudes hacia la ciencia y actitudes relacionadas con la ciencia, que, desde esta perspectiva dan mayor

importancia a las relaciones CTS que a los elementos específicamente epistemológicos, como en los casos de Manassero, Vázquez y Acevedo (2001).

Se puede discutir sobre la necesidad de un consenso, español o internacional (Acevedo et al, 2007), sobre qué debe ser enseñado o no. O dicho de otra manera, ¿qué imagen de la ciencia y la tecnología se puede tener si lo que se enseña es sólo lo consensuado? Podemos caer en la idea de que el conocimiento científico es un proceso de construcción de verdades absolutas, y en consecuencia un proceso de reconocimiento de la objetividad del conocimiento, conducente a su supuesta neutralidad. Si sacamos de los contenidos de la enseñanza científica los asuntos controvertidos (o dicho de otra manera, sobre lo que no hay consenso), ¿no estamos contribuyendo a perpetuar las “visiones deformadas de la ciencia” por “aprobemáticas”?

El criterio de selección de aspectos sobre NdC que pueden ser integrados en los debates de casos controvertidos va en paralelo con el criterio de selección de los casos, pero, si la variable tiempo nos determina, sería útil adelantar cuales son los aspectos de la NdC que son susceptibles de ser tratados en controversias específicas. Nos hemos concentrado en el caso de los alimentos transgénicos y la biotecnología. Este elemento tiene una importancia fundamental si tenemos en cuenta que en el mundo contemporáneo el desarrollo de estas actividades se vincula a dos de los asuntos que marcan la crisis ambiental y económica en la que se encuentra inmersa la sociedad, tanto de los países desarrollados como de los llamados subdesarrollados: el problema de la seguridad alimentaria.

213

Este caso nos permite visualizar el alcance pero también los límites de la ciencia, diferenciando conocimiento científico experimental, con otros tipos de conocimiento. Las consecuencias para el medio ambiente y la salud, presentes en esta controversia, son de interés para la ciudadanía, y no sólo para los profesionales, por su relación con la vida cotidiana, pues se trata de lo que comemos.

En este trabajo se han establecido los siguientes objetivos:

- Identificar los contenidos CTS que afloran en los debates y discusiones provocados por el tratamiento de controversias socio-tecnológicas en el aula, en el caso concreto de la producción y consumo de alimentos transgénicos.
- Optimizar la metodología docente desde el punto de vista de la gestión del tiempo en contextos de cursos de posgrado concentrados en una semana.

Aspectos metodológicos del tratamiento de las controversias

Desde el punto de vista metodológico, utilizamos muestras incidentales, es decir, los participantes de los cursos de posgrado, lo que no nos permite elaborar conclusiones generalizables, pero desde el punto de vista didáctico aportan la realidad del aula en estas condiciones.

En una primera versión de la maestría en la que participamos, la metodología seguida fue la siguiente:

- Se expuso en un texto corto que fue presentado verbalmente al grupo la existencia de controversias sobre la producción y consumo de alimentos transgénicos (15 minutos).
- Se distribuyeron dos textos que presentaban dos posturas enfrentadas con distintas argumentaciones sobre los alimentos transgénicos, aproximadamente de la misma extensión, y se dio tiempo para su lectura en el aula (aproximadamente 30 minutos).
- Se pasó el cuestionario (aproximadamente 15 minutos).
- Se realizó un debate en gran grupo (aproximadamente 1 hora).

El cuestionario utilizó el formato de elección múltiple en donde se combina lo cualitativo y cuantitativo, pues se solicita que se justifique en una página como máximo la elección seleccionada en el cuestionario, de forma que no sólo nos interesa saber cuál es la opinión sobre la controversia, sino el por qué o cómo se argumenta la elección. Para la elaboración del cuestionario, se analizaron fuentes bibliográficas diversas (desde artículos periodísticos hasta actas de congresos) de agentes sociales diferentes (ecologistas, empresarios agrícolas, administración pública y consumidores), en donde se identificaron diversas posiciones o posturas que se utilizaron en la redacción de las opciones de respuesta del instrumento, de forma que cada ítem que se podía elegir representaba puntos de vista distintos y reales sobre la controversia.

214

Se pedía a los participantes que eligieran una de las seis opciones que se presentaban (las opciones de respuesta pueden consultarse en la **Tabla 2**) y que la justificaran en el anverso de la hoja del cuestionario. El análisis de las argumentaciones nos mostró, en primer lugar, que la elección de una postura única no representaba a todos los participantes: algunos discutían sus dudas entre varias opciones en lugar de justificar la elegida. En este sentido, nuestra experiencia coincide con Manassero, Vázquez y Acevedo (2001), quienes encontraron ventajas en el formato de respuesta múltiple no única. Éste valora todas las opciones, pues lo contrario hace perder información valiosa para comprender el planteamiento del que responde. Además, en nuestro caso, concluimos que las opciones identificadas en la consulta bibliográfica para la construcción del instrumento de evaluación no representaba todas las opciones posibles: en algún caso minoritario incluso se justificaron posiciones ambivalentes.

Algunas de las argumentaciones no aportaban nada sobre por qué se había elegido la opción marcada en el cuestionario. Más del 90% de las respuestas no utilizaron ningún argumento aportado por la lectura previa de textos a favor y en contra de los transgénicos. Es decir: justificaron su elección en función de creencias personales, profesionales o ideológico-políticas preexistentes.

Propuesta sobre el tratamiento de controversias en cursos intensivos de posgrado

A partir de la experiencia precedente, reformulamos el proceso. Desde un punto de vista contextual, necesitamos tratar controversias específicas. Por ejemplo, pongamos dos argumentos:

- Si tenemos que discutir sobre la contaminación genética de los transgénicos, podemos utilizar informes sobre evaluaciones de campo y afirmar que los cultivos transgénicos contaminan los cultivos tradicionales de su entorno, pero en realidad no poseemos información sobre todos los cultivos transgénicos. No existen datos empíricos en todos los casos, por lo que podemos asumir el principio de prudencia pero no hacer suposiciones sin base empírica.
- Si discutimos, por ejemplo, sobre la empresa Monsanto y sus semillas, esa crítica no afectará a transgénicos desarrollados en países en donde la investigación es exclusivamente pública y en donde no se crea negocio con esta tecnología.

Lo que se discute sobre transgénicos se puede cerrar en algunos casos con pruebas experimentales, pero en otras ocasiones ello no es posible, entonces la toma de decisiones no depende de poseer o no una información “objetiva”. Así que deberíamos trabajar con transgénicos específicos que sean controvertidos especialmente en aquellos países en donde se producen. ¿Qué sentido tendría discutir en España sobre un maíz transgénico desarrollado en Cuba y no hacerlo sobre otra variedad transgénica cultivada en España? Desde el punto de vista de la participación social, ninguno.

215

Pero la contextualización no sólo afecta al “objeto tecnológico” o al contexto de aplicación, sino también al contexto socio-económico y cultural, local y nacional. Este elemento pasa ante todo por la determinación del entorno de trabajo en donde se realiza el proceso formativo, como la tradición de pensamiento, los entornos políticos, ambientales y culturales que modelan la capacidad de discusión sobre un tema en cuestión y, lo que es fundamental, la relevancia del mismo para el contexto de formación. Temas de ciencia y tecnología claves para los países europeos no son más que un falso problema para los países latinoamericanos y viceversa. En otras palabras, estos temas tienen significación relativa para los entornos de vida.

En el caso cubano, el debate público sobre transgénicos resurgió con fuerza a finales del mes de mayo del 2010. Participaron en él Carlos Borroto (jefe del programa cubano de biotecnología agropecuaria), periodistas, Carlos Delgado (profesor de filosofía de la Universidad de La Habana) y la ecologista canadiense Mélanie Bélanger, a través de los medios de comunicación Juventud Rebelde y Rebelión, incluyendo la aparición en la Feria del Libro de La Habana (2010) del texto *Transgénicos, ¿Qué se gana? ¿Qué se pierde?*, de Eduardo Freire y Funes. El debate, si bien fue generalista, venía a propósito del desarrollo cubano del maíz transgénico FR-Bt1 y de las primeras pruebas de campo.

Lo que interesa especialmente en estos casos controvertidos no es comprobar que los participantes han asumido nuestro punto de vista en la controversia, sino

enriquecer la información con la que se cuenta y mejorar la calidad y cantidad de las argumentaciones, pues un “veredicto” sobre transgénicos implica problemas sociales como el hambre en el mundo, temas económicos, de mercado y de multinacionales, de efectos sobre la salud de los consumidores, problemas ambientales, actitudes hacia la biotecnología, percepción de riesgos y control social de la biotecnología, entre otros.

Precisamente este sumatorio de dimensiones presentes en el caso y la imposibilidad de conocer y dominar todos los datos “objetivos” sobre ellos por una sola persona nos lleva a pensar que más que un aporte de información, entendido desde los modelos de comunicación social de ciencia y tecnología como unidireccional o bidireccional, de lo que se trata es de un diálogo de saberes de distinto tipo.

Tampoco podemos olvidar que quienes siembran las semillas, transgénicas o no, generalmente no asisten a cursos de posgrado en donde se tratan controversias socio-tecnológicas. En realidad, esta población posee unos conocimientos prácticos que no se aprenden muchas veces en las universidades y los centros de investigación, pero que cuentan con la validación empírica de la experiencia. No debemos perder este tipo de información, cultural y técnica al mismo tiempo. El 19 de mayo de 2011, por ejemplo, se vio en la televisión pública española una noticia que hablaba del fenómeno ocurrido en China en unos campos de sandías donde los campesinos utilizaron dosis excesivas de un producto fitosanitario sin atender las instrucciones de los fabricantes, con la consecuencia de que las sandías comenzaron literalmente a explotar. La bioseguridad con la que se producen muchos productos tecnológicos no termina en el momento en que se comercializan.

216

Finalmente, con respecto a la metodología docente desarrollada en esta experiencia, hemos ido apuntando algunos aspectos que consideramos necesario modificar, a partir de los antecedentes. El proceso, evaluado tras su aplicación en junio del 2011, puede describirse así:

- *En una primera sesión, y aproximadamente durante 1/1.30 hs.:*
 1. Se presenta verbalmente la existencia de controversias sobre la producción y consumo de alimentos transgénicos en el ámbito internacional y en el ámbito cubano.
 2. Se pasa un cuestionario inicial para poner encima de la mesa las ideas, creencias y posturas relacionadas con el caso.
 3. Se realiza un primer debate en gran grupo sobre las posiciones respectivas y sus argumentaciones.

- *En un segundo día, y aproximadamente durante 1.30/2 hs.:*
 4. Se presenta un dossier sobre transgénicos en Cuba utilizando la mayor diversidad posible de fuentes cubanas, y se aporta una síntesis del mismo para su lectura.
 5. Se lee la información aportada, en la que se identificarán los agentes sociales implicados y los aspectos más relevantes desde el punto de vista de las relaciones CTS. Se discute en pequeño y gran grupo lo leído.

6. Se encarga una pequeña investigación a realizar como trabajo independiente, consistente en evaluar mediante entrevistas la percepción social sobre cultivos transgénicos de algunas personas, dejando un tercer día para el trabajo no presencial.

• *En un cuarto día, y aproximadamente durante 2 hs.:*

7. Los grupos exponen sus resultados y se realiza un debate final de gran grupo.

8. Se vuelve a pasar el cuestionario inicial.

Resultados obtenidos

A continuación, recogemos los resultados obtenidos tras la experiencia realizada en junio de 2011 en el marco del *Módulo sobre Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología* en la “Maestría en Estudios Sociales de Ciencia y Tecnología” desarrollada en la Universidad de Cienfuegos (Cuba).

En la **Tabla 1** se recoge la información utilizada como argumento por los participantes. Como puede apreciarse, son las implicaciones éticas el argumento que mayormente es utilizado, seguido de la contextualización de la controversia en Cuba y el enriquecimiento de las empresas frente a las políticas públicas sociales.

Tabla 1. Distribución de los argumentos utilizados por los participantes

217

Información utilizada como argumentos	Número de casos (máx. 30)
Implicaciones éticas	13
Contextualizan la controversia en Cuba	11
Enriquecimiento de empresas vs políticas públicas sociales	10
Principio de prudencia	7
Control social-diálogo público	7
Biodiversidad (contaminación génica)	5
Valoración de riesgos	4
Salud de los consumidores	4
Problema no de la Biotecnología sino de las personas/científicos	4
Dios	1

El conjunto de argumentaciones que se utilizaron, tanto para estar a favor como en contra de la producción y consumo de maíz transgénico en Cuba, pone de manifiesto que las informaciones aportadas al comienzo de la secuencia de actividades sí están presentes en las justificaciones personales. No todos los participantes las utilizaron todas, pero sí asumieron aquellas que les resultaron significativas.

Seguidamente, se indican los argumentos a favor, en contra y de réplica expuestos tras un “juego de roles” en donde se agruparon los participantes formando grupos a favor y grupos en contra:

<p>Argumentos a favor</p>	<p>Los problemas de salud y medio ambiente son debidos al uso inadecuado. Aumenta la producción de alimentos de primera necesidad. Se ha comprobado que no afecta a la salud y el medio ambiente. No se deben cerrar puertas a los avances biotecnológicos. Evaluación de riesgos favorables. Se resalta el valor utilitario. Abordar los riesgos desde dimensiones sociales y éticas para situarlos pero no para frenar el avance. A favor con ética y prudencia.</p>
<p>Argumentos en contra</p>	<p>No se tiene en cuenta el proceso completo de implementación. No se sabe cuanto pueden modificar el ecosistema. Efectos futuros sobre la salud humana: ha transcurrido poco tiempo para saberlo. La no aceptación por parte de los campesinos de las semillas transgénicas. Económicamente, ¿a quién puede beneficiar? Afectación de la biodiversidad. Provoca daños sociales y para la salud. No hay falta de alimentos, solo mala distribución. Se utilizan para un fin, un monopolio: capitalismo. El uso y la propia tecnología son los culpables (mito del uso). Daños superiores a los beneficios. Necesidad de control de la salud, del mercado y de la propia tecnología. Plano contextual de las necesidades.</p>
<p>Argumentos de réplica entre grupos a favor y en contra</p>	<p>¿Vamos a dejar de hacer algo por miedo al error? Hay que identificar los riesgos. ¿Por qué no aceptar y educar éticamente? Es un producto totalmente cubano y se cultiva como el otro maíz. Diálogo entre expertos y novatos: No se apela a este tipo de diálogo. La información es aportada solo por expertos. Aplicación del principio precautorio. ¿Cuáles son las necesidades alimentarias y de quién? Defensa del uso racional de los alimentos transgénicos. Falta transparencia informativa y percepción pública. ¿Cómo explicar a los campesinos que no solo tiene una nueva semilla sino más tecnología? No son necesarios para alimentar a la humanidad. La biotecnología es un nivel de dominación (patentes). Dominio de expertos.</p>

218

Tras la pequeña investigación en grupo realizada por los participantes, se presentaron, mediante una puesta en común, estos resultados:

<p>Argumentos a favor</p>	<p>Se trata de nuevos conocimientos de la investigación agrícola con efectos en la economía (reducir importación de alimentos). Se confía en el proceso de bioseguridad. Es una alternativa alimentaria. Confianza en las condiciones "tecnocientíficas y éticas". Favorece el desarrollo social y ciudadano.</p>
<p>Argumentos indecisos</p>	<p>Formación en los medios de comunicación. Desconocimiento personal del tema.</p>
<p>Argumentos en contra</p>	<p>Disminución de la productividad por falta de tratamiento especializado. Aparición de nuevas plagas. Necesidad de usar nuevos fertilizantes y plaguicidas. El uso de alimentos transgénicos para pienso "pasará a las personas". A favor de mantener tecnologías tradicionales (guajiros). No significa independencia alimentaria. Alteración del ciclo evolutivo. Implementación incorrecta y no seguimiento. Son un riesgo para la salud humana. Falta capacitación y conocimiento.</p>

Finalmente, exponemos las conclusiones de consenso alcanzadas en el grupo de discusión:

El problema no es la biotecnología sino el uso de la misma. Principio de prudencia (ambivalencia de uso). Consecuencias sobre la salud, el medio ambiente y la economía. Presencia de valores éticos. Participación social: Existe debate público. No participan todos los agentes implicados. Acceso a la información no generalizado (Internet). Aumento de producción de alimentos (soberanía alimentaria). Necesidad de control social de la tecnología. Percepción de riesgo.

219

En la **Tabla 2** se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los ítems que compone el cuestionario que cumplimentaron al comienzo y al final del tratamiento de la controversia.

Tabla 2. Grado de acuerdo con los items propuesto. Medias alcanzadas al inicio y al final del tratamiento de la controversia

Items (Escala Likert 1-5, donde 1 es Muy en Desacuerdo y 5 Muy de acuerdo)	Media pretest	Media postest
1. Estoy de acuerdo con los ecologistas cuando reclaman el principio de prudencia ante avances biotecnológicos	4.44	4.87
2. La Humanidad está alterando a los seres vivos mediante selección artificial en la agricultura y ganadería, así que no existe inconveniente en seguir alterando las especies para el provecho de la Humanidad	2.72	2.27
3. La Biotecnología para lo único que sirve es para enriquecer a las empresas privadas. Creo que los gobiernos deberían crear leyes para conseguir que los avances científicos contribuyan a la mejora de la calidad de vida de todas las personas y no solo de las que tienen dinero para consumir.	3.78	3.74
4. Soy creyente, y por tanto, creo que los científicos juegan a ser Dios cuando modifican a los seres vivos para su provecho. La obra de Dios debe ser respetada.	2.81	2.43
5. No soy creyente, así que no tengo en cuenta las creencias religiosas. El avance de la Biotecnología tiene que continuar, aunque se modifiquen los seres vivos.	2.85	2.57
6. En realidad no tengo claro si la Biotecnología es buena o mala. Tengo dudas sobre la cuestión ante las razones a favor y en contra.	2.82	2.83

220

Las actividades realizadas no han modificado radicalmente las opiniones y creencias de los participantes. Pero ese no era el objetivo de la intervención. Sin embargo, las argumentaciones con las que justificaban sus posiciones se enriquecieron a partir de las informaciones aportadas y las actividades realizadas, lo cual sí era uno de los objetivos perseguidos.

Existe un alto grado de consenso sobre el principio de prudencia. No obstante, el principio de prudencia se utiliza como argumento ambivalente, tanto para apoyar como para rechazar los transgénicos.

Existe también un ligero desacuerdo hacia la idea de que, al haber alterado la humanidad mediante selección artificial a las especies animales y vegetales que sirven de alimento humano, es aceptable seguir haciéndolo mediante transgénesis. El problema no es la mejora de la producción de alimentos mediante técnicas utilizadas en la llamada "Revolución verde" u otras técnicas biotecnológicas, sino que se percibe como un salto cualitativo la modificación genética.

Los aspectos económicos no constituyen un argumento en contra de los transgénicos en el contexto cubano, pues se está de acuerdo en que es posible establecer políticas públicas que orienten la producción para satisfacer necesidades humanas y no el enriquecimiento de empresas. Este dato nos refuerza la necesidad de contextualizar el tratamiento de las controversias, porque modifican algunas dimensiones presentes en la controversia, como es el caso de las consecuencias económicas. Las creencias religiosas no parecen afectar a la controversia.

Conclusiones

De acuerdo a los objetivos previstos, podemos establecer las siguientes conclusiones:

- En relación a los contenidos CTS, podemos afirmar que el trabajo en equipo, las discusiones grupales y los trabajos prácticos consistentes en pequeñas investigaciones han permitido aflorar, alrededor de la controversia presentada, una serie de contenidos CTS mucho más variada que la que se deduce del propio instrumento de evaluación y del dossier informativo.
- Si se comparan estos resultados con los obtenidos mediante lectura de textos y discusión grupal, podemos concluir que se ha mejorado el objetivo formativo de alfabetización socio-tecnológica. Los participantes justificaron con una mayor diversidad de argumentos sus opiniones.
- El tratamiento de los alimentos transgénicos como asunto controvertido permite tratar en contexto cuestiones CTS tan importantes como el principio de prudencia, la implicación de cuestiones éticas, el diálogo CTS, el control social de la ciencia y la tecnología y la evaluación de riesgos tecnológicos. Por lo tanto, en casos en los que la intervención didáctica incluya esos contenidos para su tratamiento teórico, resulta adecuado seleccionar esta controversia.
- Desde un punto de vista práctico, en el contexto de cursos de posgrado concentrados en el tiempo, y debido a las conclusiones anteriores, creemos que merece la pena ampliar el tiempo destinado al tratamiento de esta controversia, pues permite integrar objetivos formativos de tipo conceptual, cuestiones metodológicas y procedimentales y, finalmente, incluir los valores constitutivos y contextuales que nos permiten evitar la transmisión de una imagen de neutralidad de la ciencia y la tecnología.

Bibliografía

ACEVEDO, J. A., VAZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2007): "Consensos sobre la naturaleza de la Ciencia: Fundamentos de una investigación empírica", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 4, nº 1, pp. 42-66.

ACEVEDO, J. A. (2008): "El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 5, nº 2, pp. 178-198.

AIBAR, E. (2002): "El conocimiento científico en las controversias públicas", en E. Aibar y M. A. Quintanilla: *Cultura tecnológica. Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Barcelona, ICE/Horsori, pp. 105-125.

ECHEVERRÍA, J. (1995): *Filosofía de la Ciencia*. Barcelona, Editorial Akal.

FERNÁNDEZ, I., GIL, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. y PRAIA, J. (2002): "Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 20, nº 3, pp. 477-488.

GONZÁLEZ, M., LÓPEZ-CEREZO, J. A. y LUJÁN, L. (1996): *Ciencia, tecnología y sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid, Editorial Tecnos.

222

LEDERMAN, N. G. (1992): "Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 29, nº 4, pp. 331-359.

MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*, Palma de Mallorca, Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.

MARTÍN-GORDILLO, M. y OSORIO C. (2003): "Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica", *Revista Iberoamericana de Educación*, nº 32, pp. 165-210. Disponible en: <http://www.campusoei.org/revista/rie32a08.pdf>.

MEMBIELA, P. (2002): *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía*, Madrid, Narcea.

MORALES, M. (2009): "Los estudios sobre imágenes de la ciencia y la tecnología", en M. Morales (ed.): *CTS, cuestiones de interpretación teórica*, Cienfuegos, Editorial Universo Sur, pp. 93-100.

MORALES, M., GÓMEZ, V. y MOYA, N. (2011): "Panorama del estado de los estudios CTS en Cuba", en C. Espinoza, (comp.): *Ciencia, tecnología y sociedad en la universidad de hoy*, Quito, UMET/UCF, pp. 55-63.

NÚÑEZ, J. (1999): *La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar*, La Habana, Editorial Félix Varela.

ROSENTHAL, D. B. (1989): "Two approaches to science-technology-society (S-T-S) education", *Science Education*, vol. 73, nº 5, pp. 581-589.

VALLVERDÚ, J. (2005): "¿Cómo finalizan las controversias? Un nuevo modelo de análisis: la controvertida historia de la sacarina", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS*, vol. 2, nº 5, pp. 19-50.

La mesa de tres patas, o cómo negociar el arco iris: NANOMAC y las plataformas de preocupación en nanotecnología

The three legged table, or how to negotiate the rainbow: NANOMAC and the platforms of preoccupation on nanotechnology

Juan Sánchez García *

El proyecto NANOMAC es una apuesta del plan I+D+i del Gobierno de Canarias para el área de la nanotecnología. Un área que suscita interrogantes científico-técnicos y ético-sociales desde distintas plataformas que abarcan desde el ámbito gubernamental al mundo de las aseguradoras, pasando por el sector de la salud y los riesgos laborales y los sectores ecologista y de la sociedad civil. El objetivo de este trabajo es identificar un espacio de opciones para la investigación en NANOMAC a partir de aquellos interrogantes y de la capacidad investigadora identificada en los grupos de investigación que configuran el proyecto estructurante. La propuesta se hace desde una posición de dramaturgo tecnológico, aquel que siempre recuerda que no hay ganancia sin pérdida. Dichas plataformas se identifican con fuerzas que proporcionan motivaciones al cambio técnico, pudiendo empujar la actividad investigadora en direcciones específicas. El objetivo es persuadir a los responsables de NANOMAC para que recojan el reto que suponen esas fuerzas, se identifiquen con ellas y empujen la investigación en la dirección apuntada por los distintos interrogantes. Varias metáforas proporcionan una manera idónea de percibir y abordar el reto al calor de la metodología puesta en marcha por los responsables de NANOMAC para su consolidación.

225

Palabras clave: nanotecnología, metáfora, estrategia investigadora, plataformas de preocupación

Created by the Government of the Canary Islands, the NANOMAC project is a venture into the area of nanotechnology through its R&D+i plan. Nanotechnology raises many scientific-technological and ethical-social questions from different platforms spanning the areas of government, insurers, health and occupational risks, as well as the environmentalist sector and civil society. The goal of this work is to identify research options in NANOMAC from those questions and the research capacity of the research groups participating in the structural project. The proposal is made from the position of technological dramaturge, which always reminds us that nothing is gained without loss. These platforms identify with forces that motivate technical change and can push the research in specific directions. The objective is to persuade those in charge of NANOMAC to take up the challenge posed by those forces, to identify with them and to push the research in the direction indicated by the different questions. Various metaphors provide an ideal way to perceive and confront the challenge from the methodology implemented by those in charge of NANOMAC for its consolidation.

Key words: nanotechnology, metaphor, research strategy, platforms of preoccupation

* Profesor del Departamento de Economía Aplicada de la Universidad de La Laguna. Correo electrónico: jusangar@ull.es. El autor agradece a los compañeros de GRISON, J.M. de Cózar, C. Barroso y A. Núñez por sus comentarios sobre una versión previa de este trabajo.

El proyecto estructurante NANOMAC ¹

NANOMAC (Nanociencia, Nanotecnología y Materiales Avanzados) es un proyecto impulsado en 2009 por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información del Gobierno de Canarias (ACIISI). Surge con la idea de facilitar el intercambio y la transferencia de conocimientos entre los distintos agentes del sistema de ciencia-tecnología-empresa, de manera que se fomente la cooperación entre ellos. Sus objetivos específicos son: convertir a los grupos e investigadores participantes en un futuro núcleo de referencia internacional en el área de los materiales con alto impacto tecnológico; convertirse en un polo de atracción tanto para los nuevos profesionales que demanden formación como para investigadores establecidos que necesiten complementar su actividad; y convertirse en un referente nacional de la industria innovadora de base tecnológica con particular incidencia en la escala nanoscópica y otras temáticas emergentes de materiales.

Los pasos dados hasta ahora por NANOMAC se han centrado en asegurar su viabilidad y su difusión. Para ello ha constituido un consejo gestor; ha formalizado convenios para la financiación asociada a la dirección; ha solicitado proyectos nacionales (acciones complementarias, subprograma de actuaciones científicas y tecnológicas en parques científicos y tecnológicos -INNPLANTA- y apoyo a plataformas tecnológicas -INNFLUYE) y proyectos europeos (las iniciativas europeas “Potencial de Investigación” y “Regiones del Conocimiento” y la acción europea “Marie Curie”); ha llevado a cabo un estudio de viabilidad para la instalación de un centro científico-tecnológico en nanociencia, nanotecnología y materiales avanzados; ha presentado el proyecto en los ámbitos regional, nacional e internacional a través de foros de innovación, elaboración de paneles, dípticos y página web; está presente en las redes sociales; y, especialmente, ha iniciado acciones para constituir la masa crítica de los grupos de investigación de NANOMAC, elaborando el mapa de situación del área.

226

NANOMAC pone el acento en la transversalidad en diferentes ámbitos:

- En el de la investigación, fomentando la creación de grupos temáticos multidisciplinares e interinsulares de I+D. Una vez realizado el mapa de situación del área a partir de los grupos de investigación adheridos al proyecto se puso de manifiesto la transversalidad, lo que permitió que pudiera trabajarse en el campo de la nanociencia, nanotecnología y materiales avanzados abordando temas tales como agua, energía, salud y biotecnología, entre otros. “Incluso tienen cabida los temas sociales y económicos”, como apunta el acta de las I Jornadas de NANOMAC, por lo que la multidisciplinariedad se convierte en un punto vital para el desarrollo del proyecto.

1. Una buena parte de la información proporcionada en este epígrafe proviene de material de las páginas web de NANOMAC (<http://pe.itccanarias.org/nanomac/>), de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información del Gobierno de Canarias, (http://agencia.itccanarias.org/es/actuaciones/2010/actuacion_proyectos_estructurantes/sub_pe_nanomac.jsp) y de presentaciones del proyecto (<http://www.slideshare.net/aciisi/presentacion-nanomac>).

- En el de la formación, formando investigadores de la máxima competencia a través de un máster (mención de calidad) y doctorado (mención de excelencia) en nanociencia y nanotecnología molecular. Una formación que pretende contribuir al fortalecimiento de las capacidades científicas y tecnológicas de la Comunidad Autónoma de Canarias.

- En el del sector industrial, identificando y contactando con empresas; identificando sus necesidades; estableciendo un directorio de conocimientos o capacidades por contenidos dentro del proyecto; e identificando capacidades de transferencia de tecnología. En esta línea la ACIISI ha impulsado en el marco de los proyectos estructurantes la creación de la Plataforma Tecnológica de Canarias (PTC), una herramienta para maximizar el aprovechamiento de los recursos de desarrollo, cooperación e internacionalización, atendiendo a las especificidades de las empresas de las Islas.

Un hito en la búsqueda de transversalidad en la investigación han sido las I Jornadas NANOMAC y la metodología para su puesta en marcha.² Desde el inicio del proyecto su directora planteó la necesidad de realizar unas jornadas donde cada grupo de investigación que colaborase en NANOMAC expusiese sus líneas de trabajo con el fin de que todos los investigadores que desearan formar parte del proyecto conociesen la investigación desarrollada por los otros grupos. La necesidad de contacto se hace más patente a partir de la elaboración del mapa del área, ya que dicho mapa confirmó la diversidad de sectores en los que trabajan los grupos adheridos. Para seguir profundizando en la transversalidad como herramienta de trabajo se envió a cada grupo de investigación un cuestionario con los siguientes ítems de información: nombre del grupo de investigación; investigador principal; número de investigadores; entidades a las que estuviesen vinculados; líneas de investigación actuales; ejemplos sobre la investigación desarrollada; sus expectativas, señalando por un lado lo que creía cada grupo que podía aportar a los sectores científico-tecnológicos estratégicos del Plan Canario de I+D+i 2011-2015 y, por el otro, lo que cada grupo esperaba -demandaba- de los otros para enriquecer su investigación.³

227

A partir de las ponencias realizadas por cada uno de los grupos, ponencias que sirvieron de tarjeta de presentación, el consejo gestor de NANOMAC (con la ayuda de un miembro de GRISON y de la gestora del proyecto) elaboró una tabla con la información sistematizada de todas las presentaciones.⁴ Esta tabla sirvió para establecer el punto de partida de los grupos de trabajo en cuatro áreas principales, no excluyentes: 1) Materiales avanzados (caracterización teórico experimental); 2) Tratamiento de aguas, pilas de hidrógeno, energía; 3) Salud, biotecnología,

2. Jornadas que tuvieron lugar los días 10 y 11 de octubre de 2011 en el Salón de Actos de las Facultades de Física y Matemáticas de la Universidad de La Laguna (Tenerife). Información disponible en: <http://pe.itccanarias.org/nanomac/eventos/nanomac/i-jornadas-proyecto-estructurante-nanomac/>.

3. Véase <http://agencia.itccanarias.org/es/investigadores/pcidi-2011-2014.html>.

4. Véase el artículo incluido en este dossier: "Asesoramiento de tecnologías en tiempo real: nacimiento y primeros pasos del proyecto NANOMAC", de Andrés Manuel Núñez Castro.

monitorización y biosensores; 4) aspectos sociales y económicos.⁵ Cada área fue identificada con un color diferente, generándose así una tabla con aspecto de arco iris. Se constituyó asimismo un grupo de trabajo por área con sus respectivos coordinadores.⁶ En la tabla se podía detectar cómo cada color se asociaba a un ambiente disciplinar.

A partir de ese momento, las I Jornadas se configuraron como punto de partida de la creación de grupos de trabajo multidisciplinares formados por equipos de investigación que, sin necesariamente tener “a priori” demasiado en común, pudieran no obstante crear sinergias entre ellos para fomentar la multidisciplinariedad en los proyectos de investigación fomentados desde NANOMAC. Se inició así una metodología incremental en la búsqueda de la multidisciplinariedad. Los grupos de trabajo se han ido reuniendo con el objetivo de concretar proyectos con la suficiente masa crítica como para aspirar con éxito a las distintas líneas nacionales y europeas de financiación de la investigación en el área de nanociencia, nanotecnología y materiales avanzados.

Uno de los grupos presentes en las Jornadas fue GRISON -Grupo de Investigación Social en Nanotecnología-, constituido en 2010 por investigadores de ciencias sociales y humanidades de varias universidades españolas. Su objetivo principal es el estudio de las repercusiones éticas y socio-ambientales de las nanotecnologías. Mediante dicha investigación se persigue contribuir a la mejora de la transferencia de las mismas y, en síntesis, a un desarrollo responsable y sostenible de las innovaciones nanotecnológicas. Para ello GRISON solicita de los grupos de investigación vinculados a NANOMAC la disponibilidad para ser entrevistados y encuestados sobre su trabajo como fuente de información para la investigación social de las nanotecnologías, así como, más concretamente, para mejorar determinados aspectos organizativos de NANOMAC.

228

La metáfora de las tres patas

Las jornadas van a ser igualmente el contexto a partir del cual surjan las metáforas de la mesa y del arco iris presentes en el título de este trabajo. Durante la presentación, la directora de NANOMAC identificó al proyecto con la metáfora de la mesa de tres patas. Parafraseándola, “el proyecto ha de sostenerse sobre tres patas: la científico-técnica, la económica y la ético-social”.

Mentar la metáfora implica implícitamente reconocer que los proyectos de investigación de naturaleza científico-técnica suelen cojear de la pata “ético-social”. La relevancia política de los proyectos viene determinada por las otras dos, la investigación y el desarrollo en el laboratorio y la aplicabilidad económica en el mercado. Sin embargo, y ésta fue la reclamación que hizo la directora, las políticas

5. Véase <http://pe.itccanarias.org/nanomac/eventos/nanomac/i-jornadas-proyecto-estructurante-nanomac/>.

6. La gestora del proyecto era responsable de articular todos y cada uno de los grupos de trabajo.

de investigación europea y nacional obligan, al menos formalmente, a que la dimensión ético-social sea contemplada en la concepción de los proyectos desde un principio. En las propias conclusiones de las jornadas de NANOMAC se apunta de una manera un tanto auto-sorpresiva en esta dirección al señalar que en NANOMAC incluso tienen cabida los temas sociales.

Siguiendo a Lakoff y Johnson (2004), uno de los objetivos de este trabajo es persuadir de la necesidad de cambiar el contenido de la metáfora de la mesa de tres patas.⁷ Una mesa como objeto funcional y estable requiere disponer de unos elementos mínimos (un tablero, unas patas, un mecanismo de ensamblaje) y de una estructura que ponga en una relación determinada todos los componentes imprescindibles y coloque la estructura en el contexto de forma adecuada para asegurar su funcionalidad como mesa, su estabilidad. Una mesa puede, no obstante, ser inicialmente funcional y estable, pero frágil; si los materiales no son los adecuados puede romperse ante cualquier golpe (véase en este sentido el epígrafe que sigue sobre plataformas de preocupación en relación a la nanotecnología). Y es sobre la necesidad de disponer de un material resistente y resiliente de donde surge la necesidad de modificar la naturaleza de la metáfora de las tres patas, de manera que en lugar de que cada pata de la mesa se identifique con una dimensión (científico-técnica, económica o ético-social), la pata y -por extensión- la mesa contengan a las tres dimensiones en su interior. Con ello se aseguraría que desde un principio estén incorporadas las tres dimensiones, de forma que hagan más resistente la mesa. Desde esta perspectiva, NANOMAC se vería como el tablero de la mesa, siendo las patas los proyectos que definen y son definidos por NANOMAC. Respecto al diseño de la mesa, caben distintas representaciones que serían el resultado de la construcción social del proyecto-mesa a través de las reuniones y conclusiones de los grupos de trabajo.⁸

229

Quizás la imagen que mejor represente la metáfora sea un diseño con barras que conecten las patas en la parte inferior de las mismas, barras que darían estabilidad a una mesa resistente y resiliente y que servirían de hilo conductor de los distintos proyectos que se articulan a través del tablero NANOMAC. La mesa es flexible, pudiéndosele añadir o quitar patas (proyectos) y colocarlas de manera diferente según las circunstancias. El énfasis estaría puesto en el material -en la composición de las tres dimensiones: científico-técnica, económica y ético-social- que hace consistente y resiliente a la mesa.

Una vez persuadido de la necesidad del cambio de naturaleza de la metáfora, el reto estaría en la construcción artesanal de la mesa -en la composición y riqueza del

7. "La capacidad de comprender la experiencia por medio de metáforas es como si fuera uno más de los sentidos, como ver, tocar u oír, como si las metáforas proporcionaran la única manera de percibir y experimentar muchas cosas en el mundo" (Lakoff y Johnson, 2004).

8. Por ejemplo, en una representación de la mesa con un diseño tubular circular (por ejemplo, dos estructuras circulares conectadas por un tubo) los proyectos se identificarían con la base inferior de la mesa. Base inferior que se idearía como pool de proyectos, fluyendo en una doble dirección: proyectos que definen y que son definidos en función de las necesidades y fuentes de financiación.

material y en el mecanismo de ensamblaje- mediante la acertada combinación de aprendizajes de los investigadores: aprender haciendo, escuchando y observando.⁹

La propuesta de transformar la metáfora se hace desde la posición del dramaturgo tecnológico, quien, frente al taumaturgo que cree haber hecho milagros o aspira a hacerlos, siempre recuerda que no hay ganancia sin pérdida (Virilio, 1997). Una posición de dramaturgo que para el caso que nos incumbe podría venir refrendada por declaraciones como las de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU (EPA, por sus siglas en inglés), que reconoce que “bajo condiciones específicas, la nanotecnología y los nanomateriales presentan riesgos potenciales para los humanos y para el medio ambiente” (EPA, 2009: 5).

Plataformas de preocupación: la nanotecnología como amenaza

La posición de dramaturgo tecnológico vendría igualmente revalidada por las diferentes plataformas de preocupación sobre la nanotecnología identificadas en los siguientes ámbitos: gubernamental; salud y riesgo laboral; ecologista y organizaciones civiles; y aseguradoras.

El planteamiento de este trabajo es el siguiente: identificar las amenazas suscitadas por dichas plataformas de preocupación y convertirlas en oportunidades de investigación, teniendo como referencia la redefinida metáfora de la mesa y sus tres componentes constituyentes (ético-social, científico-técnico y económico). En concreto, el objetivo sería identificar en los interrogantes suscitados desde las distintas plataformas un espacio de opciones para NANOMAC a través del potencial de proyectos de investigación surgidos en los campos de la nanotoxicología, los riesgos laborales y los riesgos ambientales, así como en los ámbitos ético, legal y social.

Una primera plataforma de preocupación como espacio de opciones la proporciona la gubernamental, en concreto la EPA y su oficina de I+D (ORD, por sus siglas en inglés) (EPA, 2009b). La ORD ha identificado un listado de incógnitas científicas ligadas a cuatro áreas clave de investigación sobre nanotecnología. En esas incógnitas estaría una fuente de oportunidades para NANOMAC, como sugieren los ejemplos que se presentan a continuación.

> Incógnitas científicas del área de investigación “Origen, destino, transporte y exposición de los nanomateriales”:

- ¿Qué nanomateriales tienen alto potencial de liberación desde una perspectiva de ciclo de vida?
- ¿Qué tecnologías existen, pueden ser modificadas o deben ser desarrolladas para detectar y cuantificar nanomateriales artificiales en el medio ambiente o en muestras biológicas?

9. Se agradece a Clara Barroso sus aportaciones sobre la metáfora.

- ¿Cuáles son los principales procesos/propiedades que regulan el destino ambiental de los nanomateriales artificiales, y cómo están relacionados con las propiedades físicas y químicas de dichos materiales?
- ¿Qué exposiciones implicarían la liberación de nanomateriales artificiales?

> *Incógnitas científicas del área de investigación “Estudio sobre evaluación de riesgo y métodos de análisis en salud humana y ecología”:*

- ¿Cuáles son los efectos de los nanomateriales artificiales y sus aplicaciones en receptores humanos y ecológicos, y cómo pueden ser cuantificados y pronosticados estos efectos?

> *Incógnitas científicas del área de investigación “Métodos y estudios de caso sobre evaluación de riesgo”:*

- ¿Necesitan modificarse los enfoques de las agencias gubernamentales a fin de incorporar las especiales características de los nanomateriales artificiales?

> *Incógnitas científicas del área de investigación sobre “Eliminación y mitigación de riesgos”:*

- ¿Qué tecnologías o destrezas pueden ser aplicadas a la hora de minimizar los riesgos de los nanomateriales artificiales a lo largo de su ciclo de vida, y cómo los usos beneficiosos de la nanotecnología pueden ser maximizados en la protección ambiental?

231

En esta misma línea, la propia Estrategia de Investigación sobre Nanomateriales de la EPA (NRS, por sus siglas en inglés) (EPA, 2008) puede ser identificada como potencial fuente de inspiración de NANOMAC. En el anexo de dicha estrategia figura una extensa tabla sobre necesidades investigadoras que se han identificado a partir del Libro Blanco de la EPA sobre los problemas de la nanotecnología. En esta tabla se hace una distinción entre necesidades investigadoras actuales, a corto y a largo plazo. A título de ejemplo veamos algunas de las cuestiones planteadas que podrían servir de fuente de inspiración para NANOMAC:

- ¿Qué propiedades físicas y químicas y mediciones de dosis correlacionan mejor con la toxicidad (local y sistémica; aguda y crónica) de los nanomateriales producidos de manera deliberada siguiendo distintas vías de exposición? (Investigación actual sobre Evaluación de los Efectos en la Salud Humana)
- ¿Hasta qué punto será necesario adaptar los protocolos de investigación a tipos específicos y pautas de utilización de cada nanomaterial? ¿Pueden las propiedades y los efectos ser extrapolados a la misma clase de nanomateriales? (Investigación a corto plazo sobre Evaluación de riesgos)
- ¿Son adecuadas las tecnologías y dispositivos de control de filtraciones durante la manufactura y uso de los nanomateriales? ¿Pueden adaptarse las tecnologías

convencionales para controlar las filtraciones de los nanomateriales? (Investigación a largo plazo sobre Reducción y Mitigación de la Liberación y la Exposición)

Un segundo ejemplo de preocupación gubernamental lo proporcionan diversos informes de la Unión Europea (UE):

“La I+D necesita tomar en consideración los impactos de las nanotecnologías a través de sus ciclos de vida utilizando, por ejemplo, las herramientas de la Evaluación del Ciclo de Vida (ECV en adelante) con el objetivo de evaluar cómo un producto o material desde el inicio de la producción hasta el final de su vida afecta a los ecosistemas y a la salud humana” (EC 2008: 5).

En las propias sugerencias de algunos informes de UE (EC et al, 2007) se vislumbra un inventario de oportunidades para NANOMAC y para la Plataforma Tecnológica de Canarias. Éstos señalan que la academia puede eventualmente apoyar la aplicación y uso de la ECV a nanoprodutos y nanomateriales a través de un conjunto amplio de acciones que incluyan el establecimiento de bases de datos de estudios de caso ECV en nanotecnología y nanoprodutos, y llevar a cabo investigaciones en métodos ECV aplicados a la nanotecnología y nanoprodutos. Por otro lado, para los mismos informes, la industria puede potencialmente apoyar la aplicación y uso de la ECV a nanoprodutos y nanomateriales a través de un amplio conjunto de acciones que incluyan: el uso de los resultados de la ECV en el diseño de productos perfeccionados; cofinanciar investigación en el desarrollo de métodos ECV en la identificación de los impactos de dosis específicas a las nanotecnologías; cofinanciar investigación sobre los efectos tóxicos de nanomateriales específicos; cofinanciar investigación en ciencias sociales sobre opinión pública de la nanotecnología y desarrollar estrategias efectivas de comunicación sobre el riesgo, utilizando datos de las ECV; crear activamente mecanismos para compartir datos confidenciales sin comprometer la competitividad.

232

Una segunda plataforma de preocupación surge desde el campo de la salud y los riesgos laborales. Un ejemplo de un espacio de oportunidades para NANOMAC lo proporciona el Instituto Canadiense de Investigación sobre Salud y Seguridad del Trabajo (IRSST por sus siglas en francés) con algunas de sus directrices de investigación sobre la nanotecnología: desarrollar estrategias y métodos de evaluación de las exposiciones; desarrollar tecnologías, herramientas de control y equipos de protección individual; desarrollar indicadores para monitorizar la exposición biológica, evaluando y gestionando riesgos sobre la salud, y previniendo el desarrollo de enfermedades laborales (IRSST 2008, 2009).

En esta misma línea véanse los títulos de algunos de los proyectos de investigación del IRSST: Revisión de la literatura sobre los riesgos de la salud relacionados con nanomateriales y el desarrollo de un mecanismo de monitorización estratégica (IRSST 2004); Desarrollo de una guía de buenas prácticas para el manejo seguro de las nanopartículas (Ostiguy et al, 2006); Desarrollo de experiencia técnica en metrología y en la generación de nanopartículas y partículas ultrafinas (Cloutier

2009); Desarrollo de un procedimiento de medición de la efectividad de los filtros que captan nanopartículas (Haghighat et al, 2009); Caracterización y control de la exposición laboral a las nanopartículas (Dufresne et al, 2009); Procedimiento para medir y controlar las nanopartículas (Songmene et al, 2009); Contribución de la nanoscopia al muestreo y a la caracterización fisicoquímica de las nanopartículas (Zayed et al, 2009); Desarrollo de un enfoque integrado para el desarrollo seguro de los nanomateriales (Emond, 2011).

Una tercera plataforma de preocupación la proporciona el mundo ecologista y el de la sociedad civil. Una muestra del mundo ecologista lo representa la organización Amigos de la Tierra Internacional (FoE, por sus siglas en inglés). Investigaciones de la FoE han puesto de manifiesto cómo la industria de la nanotecnología ha exagerado muchas de sus promesas. Un ejemplo: los costes energéticos y ambientales de la creciente nanoindustria son mucho mayores de los esperados. La investigación revela que muchos de los productos diseñados para ahorrar energía producen de hecho mayores emisiones y mayores demandas energéticas si se toma en cuenta todo el ciclo de vida del producto. FoE pide que se priorice la investigación sobre análisis del ciclo de vida y las demandas energéticas de la nanoproducción (*Friends of the Earth*, 2010).

Desde el ámbito de la sociedad civil, un primer ejemplo lo constituye el Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración (Grupo ETC). El Grupo ETC es una organización internacional de la sociedad civil que trabaja investigando los impactos ambientales, sociales y económicos relativos a nuevas tecnologías a nivel global. Investigan entre otras cuestiones el desarrollo de nuevas tecnologías, entre ellas la nanotecnología, a la que han dedicado un importante número de informes críticos. El Grupo ETC lleva nueve años reclamando una moratoria sobre la investigación de nanotecnología y la liberación de nuevos productos comerciales hasta que se establezcan protocolos de laboratorio y regímenes regulatorios para proteger a los trabajadores y los consumidores y hasta que se demuestre que esos materiales son seguros. Un posicionamiento de ETC sobre los nanomateriales puede resumirse en esta frase “al permitir que los productos de la nanotecnología lleguen al mercado sin que haya habido un debate público y una supervisión regulatoria, los gobiernos, las agroempresas y las instituciones científicas ya pusieron en peligro los beneficios potenciales de las tecnologías nanoscópicas” (ETC, 2010).

Entre otros aspectos, el informe concluye que la industria está cada vez más nerviosa con respecto a los impactos sobre la salud y el rechazo de la opinión pública. Esta preocupación conecta estrechamente con otra plataforma de preocupación, el de las aseguradoras. En su último informe, el Grupo ETC señala que “las autoridades responsables (...) están comenzando a reconocer (...) que la nanotecnología llegó de manera acelerada (...), y que se necesita cierta forma de regulación para enfrentar al menos algunos de los riesgos que plantea” (ETC, 2010). El problema para este grupo es que “tanto los gobiernos como la industria han llegado demasiado lejos e invirtieron mucho como para renunciar a la promesa de la nanotecnología de convertirse en la plataforma estratégica para el control mundial de las manufacturas, los alimentos, la agricultura y la salud” (ETC, 2010).

Un segundo ejemplo dentro de este mismo marco de preocupación lo constituyen los Principios para la Vigilancia de la Nanotecnología y los Nanomateriales, una publicación conjunta de una amplia coalición internacional de organizaciones de consumidores, defensores de la salud pública, el medio ambiente, trabajadores y organizaciones de la sociedad civil (ETC et al, 2007). Las frases que siguen, extractadas de los Principios, son toda una declaración de potenciales oportunidades para la investigación: las agencias gubernamentales carecen de herramientas costo-eficacia y mecanismos para detectar, monitorizar, medir y controlar los nanomateriales manufacturados, sin contar la carencia de medios capaces de eliminarlos del medioambiente; las evaluaciones de riesgo, los mecanismos de supervisión, los parámetros de toxicidad, y los umbrales mínimos utilizados por las leyes ambientales en muchos países, incluyendo los Estados Unidos y la Unión Europea, no están designados para los parámetros de toxicidad de los nanomateriales; las medidas utilizadas en las leyes existentes, como por ejemplo la relación masa y exposición, son insuficientes para los nanomateriales; las leyes existentes carecen de análisis de ciclo de vida y no abordan las lagunas existentes en la normativa. Para los Principios, una gestión ambientalmente sostenible de los nanomateriales debe abordar y corregir estas lagunas en los siguientes términos: una revisión independiente sobre la salud y la seguridad; las nuevas sustancias deben someterse a un monitoreo específico; prevención de la exposición; un ciclo completo del análisis ambiental; etiquetado; participación abierta, significativa y total; inclusión de los impactos éticos y sociales; responsabilidad legal. A ello habría que añadirle mecanismos financieros para compensar o remediar.

234

Una cuarta plataforma de preocupación de la nanotecnología proviene del sector de las aseguradoras. Un ejemplo destacado de lo que significan las oportunidades y los riesgos de la nanotecnología lo constituye la iniciativa *CRO Forum's Emerging Risks*, iniciativa lanzada en 2005 por un importante sector del mundo de las aseguradoras y reaseguradoras -AIG, Allianz, AXA, Generali, Hannover Re, Munich Re, RSA, Swiss Re y Zurich Financial Services Group- con el objetivo de cobrar conciencia sobre los principales riesgos emergentes para la sociedad y la industria del seguro. En 2010 presentaron un informe sobre la nanotecnología, y en él mantienen la voluntad de colaborar con otros actores de la nanotecnología a fin de solventar el déficit de conocimiento en cuatro áreas clave: Riesgo y análisis de normas de seguridad; Investigación sobre medio ambiente, salud y los riesgos sobre seguridad; Armonización reglamentaria; y Evaluación de riesgos sobre patentes. El interés primordial de la industria del seguro es conseguir una mayor comprensión de los riesgos de la nanotecnología con el fin de promover conocimiento, gestión de riesgo y sobre todo asegurabilidad (CRO Forum, 2010).

Swiss Re, una de las compañías participantes en el CRO Forum, podría servir de exponente del dramaturgo tecnológico al explicitar públicamente las similitudes que pueden existir entre los nanomateriales y el polvo de amianto. Así lo reflejaba en 2004 en uno de sus informes (Hett, 2004) y volvía a insistir en ello en 2006 en boca de uno de sus directivos en una conferencia sobre gobernanza del riesgo de la nanotecnología (Schaad, 2006). En la presentación, Schaad destaca la secuencia del problema del polvo de amianto empezando con las primeras advertencias que se realizaron sobre las consecuencias adversas del amianto para la salud (primer

decenio del siglo XX); pasando por la creciente evidencia de la presencia de cáncer de pulmón a consecuencia de la exposición del polvo de amianto, todo ello en un contexto en donde los intentos para limitar y controlar la exposición fueron fallidos (período que va de la década de los 30 al final de los 70 del siglo XX); hasta la creciente presión para reforzar el control y prohibir toda forma de amianto (desde los 70 hasta hoy). En Estados Unidos aún hoy siguen en curso reformas legales sobre la responsabilidad del amianto. La presentación finaliza con un interrogante sobre una potencial analogía entre el problema que originó el polvo de amianto y el que pueda provocar los nanomateriales. La posición de dramaturgo tecnológico se refuerza con la naturaleza política y económica del caso del polvo de amianto cuando “las alertas tempranas -e incluso alertas «insistentes y tardías»- fueron efectivamente desoídas por los responsables de la toma de decisiones debido a interacciones económicas y políticas a corto plazo” (AEMA, 2002).

Como cierre del inventario de los ámbitos de preocupación sobre la nanotecnología, son de utilidad para el objetivo de este trabajo las reflexiones que realiza Rosenberg (1979) sobre los mecanismos que inducen el cambio técnico. En su aproximación histórica al proceso del cambio técnico, Rosenberg identifica diversos mecanismos que sirven como poderosos agentes a la hora de formular problemas técnicos y enfocar la atención sobre ellos de un modo imperioso. La nanotecnología es una tecnología compleja que crea compulsión y presiones internas; presiones internas que sin duda pueden iniciar la actividad investigadora en direcciones determinadas. Las plataformas de preocupación y sus interrogantes pueden asemejarse a fuerzas que proporcionan motivaciones al cambio técnico, fuerzas actuantes que empujan de hecho la actividad investigadora en direcciones concretas. Véanse pues las plataformas como un sumatorio de algunos de los mecanismos de inducción del cambio técnico apuntados por Rosenberg: desequilibrio técnico, legislación y regulación coactiva, experiencias de aprendizaje y otras oportunidades relacionadas con accidentes y otros desastres. Como señala Rosenberg (1979), “pueden existir razones psicológicas por las cuales un estado de cosas en deterioro, o su perspectiva, galvaniza a aquellos afectados en una respuesta más positiva y decisiva que los potenciales movimientos hacia estados mejorados o perfeccionados”.

235

Los nanomateriales como oportunidad o cómo negociar el arco iris

La metáfora del arco iris surge de la necesidad de combinar el vector de colores configurado por la ordenación de los grupos de trabajo surgidos de las jornadas de NANOMAC, la concepción de proyecto originado a partir de la reformulada metáfora de la mesa y el conjunto de interrogantes planteados por las distintas plataformas de preocupación. En este marco metafórico se propone identificar al proyecto como una oportunidad para construir y cultivar resiliencia en la comunidad investigadora mediante proyectos “arco iris”. Ello pasa por la necesidad de un distanciamiento disciplinar como el que señala el profesor Richard Jones, Profesor de Física en la Universidad de Sheffield y presidente del *Nanotechnology Engagement Group* (NEG):

“Los científicos hemos tenido que afrontar el desafío de alejarnos de nuestra rígida especialidad disciplinar, y disputar hipótesis no contrastadas y conocimiento preestablecido... Para científicos como yo, estas nuevas preocupaciones pueden parecer inusitadas, e incluso amenazantes, ya que los debates se desplazan de las preguntas definidas mediante conocimiento puramente técnico a debates en torno a valores” (NEG, 2007: 7).

Una comunidad investigadora resiliente implica contar con investigadores dramaturgos; pasa por responder a preguntas sobre el cómo construir multidisciplinariedad bajo un enfoque dramaturgo teniendo en cuenta que los nanomateriales y la nanotecnología ya están en el mercado y que suponen riesgos potenciales para los humanos y para el medio ambiente (EPA, 2009).

¿Podrían las externalidades negativas surgidas al calor de la dominante concepción taumaturga de la nanotecnología ser internalizadas en proyectos de investigación NANOMAC? En este contexto sería pertinente traer a colación el informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente: “Advertencias tempranas, lecciones tardías”. En él se destaca la importancia de disponer de una información fiable y compartida para la toma de decisiones eficaces y la participación de todas las partes afectadas, especialmente en el contexto de la complejidad, la ignorancia, los niveles de riesgo elevados y la necesidad de adquirir un «aprendizaje colectivo». La aceptación, por parte de la sociedad, de los riesgos requiere la participación de la misma en las decisiones que crean y gestionan esos riesgos, incluyendo la consideración de valores, las actitudes y beneficios globales. La elaboración adecuada de políticas relativas a problemas que impliquen a la ciencia requiere, por tanto, algo más que buena ciencia: lo que está en juego son opciones éticas además de económicas (AEMA, 2002).

236

A la hora de abordar la internalización, y teniendo en cuenta las recomendaciones de la AEMA, se bosqueja una iniciativa de transición de la estrategia investigadora de NANOMAC a partir de la adaptación del conocido enfoque de las 3R sobre la gestión de recursos (reciclar, reutilizar, reducir): reciclarse mentalmente (con el necesario esfuerzo de distanciamiento disciplinar); reciclarse ‘hacia arriba’, es decir, que el siguiente uso -el siguiente proyecto- tenga más valor que el actual; reutilizar creativamente los trabajos llevados a cabo; y reducir los ámbitos de investigación si fuera necesario teniendo en cuenta el principio de precaución. Una iniciativa de transición que tendría por objetivo abordar en el medio plazo un enfoque de rediseño de la investigación capaz de plantear proyectos que incorporen desde su propia concepción los componentes ético-social, científico-técnico y económico. La metodología incremental en la construcción del proyecto NANOMAC se propone como vía para poner en práctica la iniciativa de los 3R.

Por tanto la propuesta para NANOMAC sería: negociarse el arco iris, piénsese en proyectos ‘arco iris’ internalizando desde NANOMAC algunas de las preocupaciones suscitadas desde las distintas plataformas de preocupación. Indáguese oportunidades investigadoras desde la posición de dramaturgo, convirtiendo las amenazas en oportunidades.

Conclusión

El rediseño de la investigación que se propone para NANOMAC requiere una metodología incremental en el proceso del proyecto. Con este fin, y a modo de conclusión, se transcriben algunas de las impresiones que sobre la viabilidad de las metáforas de la mesa y del arco iris ha tenido el autor a partir de las labores de asesoramiento en NANOMAC.

Como punto de partida positivo se ha identificado la tabla de sistematización de la información de los grupos de investigación generada a raíz de las I Jornadas NANOMAC, en concreto la parte relativa a las columnas con las expresiones de interés de los distintos grupos de investigación: lo que aportan y lo que demandan. En la tabla se podía especular de entrada con la multidisciplinariedad al identificar a priori capacidades multidisciplinares combinando las mencionadas columnas. En las reuniones de coordinación del proyecto se han identificado indicadores de avance hacia la multidisciplinariedad a través de la asunción de la tabla como herramienta de trabajo, de la evolución del lenguaje utilizado, de la importancia de la escucha activa, de los efectos de la deliberación en las ideas preconcebidas (enfoques, fuentes de financiación, estrategias). Se reconoce que se está hablando de otra manera, con otra perspectiva.

La experiencia metodológica incremental del proceso NANOMAC ha obligado a los grupos de investigación a sistematizar su historial y ponerlo a disposición del proyecto. Se han vislumbrado diferentes estrategias y fuentes de financiación por si fallaran las primeras. Ello conecta con la idea de crear y cultivar una comunidad investigadora resiliente a partir de la experiencia NANOMAC. Se ha apuntado la necesidad de ser ambicioso con el proceso resultante de forma de que se puedan generar proyectos capaces de resistir golpes como la ausencia de financiación de las fuentes que ahora se tienen en mente (ampliando estrategias de financiación que contemplen la autofinanciación; indagando vías para revisar proyectos previos no financiados mediante un ejercicio de reciclaje creativo, siguiendo criterios de multidisciplinariedad). Se ha debatido sobre distintas estrategias hacia la multidisciplinariedad: a) la estrategia 'de fuera hacia dentro', en la que uno toma cierta distancia de la disciplina de la que proviene y se coloca como evaluador del potencial multidisciplinar de la tabla estableciendo conexiones, creando ámbitos de trabajo a partir de las densidades de dichas conexiones y situando a los investigadores con la suficiente flexibilidad para que se reubiquen; y b) la estrategia 'de dentro hacia fuera' en la que domina el ejercicio natural de las costumbres investigadoras y donde las conexiones están informadas por la historia de colaboraciones previas. De manera más concreta, los pasos propuestos en las reuniones de coordinación podrían identificarse de la siguiente manera: a) definir los proyectos en base a la historia de colaboración y la información de la tabla; b) identificar y contactar grupos de investigación para esos proyectos; y c) identificar investigadores con capacidad de visualizar puentes en los proyectos.

Se percibe y se asume NANOMAC como un útil y necesario espacio de encuentro. Dicho reconocimiento es independiente del enfoque multidisciplinar adoptado. En todo el proceso siempre ha estado presente el temor a forzar ritmos en busca de la

masa crítica, en otras palabras, temor a forzar el proceso multidisciplinar por un positivismo dictado por la necesidad de la concreción y por la variable 'tiempo' -las fechas límites de los proyectos de financiación a los que se aspiran. También temor a que no se produzca el distanciamiento necesario al que aludía el profesor Jones, para que quepan proyectos cuya concepción esté informada desde el inicio por los tres componentes ético-social, científico-técnico y económico, y por los interrogantes planteados por las distintas plataformas de preocupación sobre la nanotecnología y los nanomateriales. Sería razonable y responsable aprehender la oportunidad que tiene NANOMAC para convertir el problemático estado de los nanomateriales en una respuesta más positiva y decisiva que seguir abundando en sus riesgos. La concepción de proyecto estructurante pone a NANOMAC y a sus responsables ante un comprometido y arduo reto.

Bibliografía

AEMA (2002): *Lecciones tardías de alertas tempranas: el principio de cautela, 1896-2000. Algunos puntos a modo de resumen*, Copenhagen.

CLOUTIER, Y., BAHLOUL, A., OSTIGUY, C., ROBERGE, B., LARA, J (2009): *Development of expertise in metrology and in the generation of nanoparticles and ultrafine particles*, 0099-8810, IRSST, Montreal.

238

CRO Forum (2010): *Nanotechnology, CRO briefing Emerging Risks Initiative , Position Paper*. Disponible en: http://media.swissre.com/documents/CRObriefing_Nanotechnology_Nov2010.pdf.

DUFRESNE, A., WEICHTHAL, S., TARDIF, R. (2009): *Characterization and control of occupational exposure to nanoparticles*, 0099-7890 IRSST, Montreal.

EC (2008): *EU nanotechnology R&D in the field of health and environmental impact of nanoparticles*. Disponible en: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/final-version.pdf>.

EC (2010): *Understanding Public Debate on Nanotechnologies Options for Framing Public Policy*. Disponible en: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/understanding-public-debate-on-nanotechnologies_en.pdf.

EMOND, C. (2011), *Development of a nanomaterial safety program based on agreement between the industry and the evaluation of health risks: An integrated approach for the safe development of nanomaterials*, 2011-0008, IRSST, Montreal.

EPA (2008): *Draft Nanomaterial Research Strategy (NRS)*, Washington. Disponible en: http://epa.gov/ncer/nano/publications/nano_strategy_012408.pdf.

EPA (2009a): *Nanoscale Materials Stewardship Program*, Washington.

EPA (2009b): *Nanomaterial Research Strategy*. Disponible en: http://www.epa.gov/nanoscience/files/nanotech_research_strategy_final.pdf.

ETC (2003): *¡El tamaño sí importa! Más evidencia para una moratoria global*, Ottawa. Disponible en: http://www.etcgroup.org/upload/publication/163/01/spano_small_matterii.pdf.

ETC (2003): *La inmensidad de lo mínimo: Tecnologías que convergen en la nanoescala*, Ottawa. Disponible en: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/170/01/atomtec1.pdf>.

ETC (2004): *La invasión invisible del campo: impacto de las tecnologías de nanoescala en la alimentación y la agricultura*, Ottawa. Disponible en: http://www.etcgroup.org/upload/publication/82/02/invasin_campo.pdf.

ETC (2005): *Potenciales repercusiones de las nanotecnologías en los mercados de productos básicos: consecuencias para los países en desarrollo dependientes de productos básicos*, Ottawa. Disponible en: http://www.etcgroup.org/upload/publication/599/01/nanotechsouth_centre__spanish.pdf.

ETC (2005): *Manual de bolsillo en tecnologías nanoescalares ...y la "teoría del little bang"*, Ottawa. Disponible en: http://www.etcgroup.org/upload/publication/56/01/nr_etc_spa20_01_2006.pdf.

ETC (2006): *Nanotech Rx - Medical Applications of Nano-scale Technologies: What Impact on Marginalized Communities?*, Ottawa. Disponible en: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/593/01/etc06nanotechrx.pdf>.

ETC (2010): *¿Qué pasa con la nanotecnología? Regulación y geopolítica*, Ottawa. Disponible en: http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf_file/Nanogeopol%C3%ADtica_4webSep2011.pdf.

ETC (2001): Nuevo informe sobre las tecnologías de nanoescala: Pequeña contribución del Grupo ETC a la gran conversación en el Foro Social Mundial en Dakar, Ottawa. Disponible en: http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf_file/NR10Feb11NanoWSF_SPANISH.pdf.

ETC et al (2007): *Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials*, Washington. Disponible en: <http://www.etcgroup.org/upload/publication/652/01/principles-for-the-oversight-of-nanotechnologies-and-nanomaterials.pdf>.

WOODROW WILSON INTERNATIONAL CENTER FOR SCHOLARS (2007): *Nanotechnology and Life Cycle Assessment*, Washington, 2-3 Octubre 2006. Disponible en: http://www.nanotechproject.org/file_download/files/NanoLCA_3.07.pdf.

FRIENDS OF THE EARTH (2010): *Nanotechnology, climate and energy: over-heated promises and hot air?*. Disponible en: http://www.foeeurope.org/publications/2010/nano_climate_energy_nov2010.pdf.

HAGHIGHAT, F., BAHLOUL, A. y LARA, J. (2009): *Development of a procedure for measuring the effectiveness of filters for collecting nanoparticles*, IRSST 0099-7920, IRSST, Montreal.

HETT, S. W. (2004): *Nanotechnology, small matter, many unknowns*, Swiss Re, Zurich.

IRSST (2008): *Health Effects of Nanoparticles*.

IRSST (2009): *Best Practices Guide to Synthetic Nanoparticle Risk Management*.

LAKOFF, G. y JONSON, M. (2004): *Metáforas de la vida cotidiana*, Madrid, Cátedra.

NADEAU, S., VIAU, C., CAMUS, M., HALLÉ, S. y ATEME-NGUEMA, B. (2011): *Development of a tool for the assessment or adaptive evaluation of the human health risks posed by synthetic nanoparticles*, 2011-0007, IRSST, Montreal.

NEG (2007): *Democratic technologies? The final report of the Nanotechnology Engagement Group*.

OSTIGUY, C. (2006): *Development of a best practices guide for the safe handling of nanoparticles*, 0099-5950, IRSST, Montréal.

240 OSTIGUY, C., LAPOINTE, G., MÉNARD, L., CLOUTIER, Y., TROTTIER, M., BOUTIN, M., ANTOUN, M. y NORMAND, C. (2006): *Nanoparticles: Current Knowledge about Occupational Health and Safety Risks and Prevention Measures*, Studies and Research, IRSST, Report R-470, Montreal. Disponible en: <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/pubirsst/r-470.pdf>.

OSTIGUY, C., SOUCY, B., LAPOINTE, G., WOODS, C. y MÉNARD, L. (2008): *Health Effects of Nanoparticles*, Studies and Research Projects / Report R-589, IRSST, Montreal. Disponible en: <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/pubirsst/r-589.pdf>.

OSTIGUY, C., ROBERGE, B., MÉNARD, L. y ENDO, C. (2009): *Best Practices Guide to Synthetic Nanoparticle Risk Management*, Studies and Research Projects / Report R-599, IRSST, Montreal. Disponible en: <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/pubirsst/r-599.pdf>.

ROSENBERG, N. (1979): *Tecnología y Economía*, Barcelona, Ed. Gustavo Gili.

SCHAAD, W. (2006): *Nanotechnology. Swiss Re's Perspective and Expectations*, IRGC 2006, Conference "The Risk Governance of Nanotechnology, Recommendations for Managing a Global Issue", Zurich. Disponible en: http://www.irgc.org/IMG/pdf/Werner_Schaad_Swiss_Re_s_Perspective_and_Expectations_.pdf.

SONGMENE, V., MASOUNAVE, J., VIENS, M., HALLÉ, S. y MORENCY, F. (2009): *Procedure for measuring and controlling manufactured nanoparticles*, -0099-7860, IRSST, Montreal.

VIRILIO, P. (1997): *El ciber mundo. La política de lo peor*, Madrid, Cátedra.

ZAYED, J., L'Espérance, G., Truchon, G., Cloutier, Y. y Kennedy, G. (2009): *Contribution of nanoscopy to the sampling and physicochemical characterization of nanoparticles* - 0099-7260, IRSST, Montreal.

Asesoramiento de tecnologías en tiempo real: nacimiento y primeros pasos del proyecto NANOMAC

Technology advice in real time: birth and first steps of the NANOMAC project

Andrés M. Núñez Castro *

Este trabajo aborda los beneficios de implicarse en el asesoramiento de tecnologías desde su inicio, analizando los antecedentes teóricos de la evaluación constructiva de tecnologías. Asimismo, se describe desde el punto de vista de las ciencias sociales la actividad cooperativa y colaborativa desarrollada en el diseño y en la transferencia de conocimientos a lo largo de la gestación del proyecto NANOMAC. La experiencia reflexiva ha hecho evolucionar tanto el proyecto como la metodología del asesoramiento en tiempo real con el objetivo de implementar los valores ELSI en los artefactos generados por los proyectos de investigación.

243

Palabras clave: tecnología, asesoramiento, reflexividad, nanotecnología

This paper addresses the benefits of being involved from the start in advising on technology by analyzing the theoretical background of Constructive Technology Assessment. It also describes the cooperative and collaborative activity developed in the design and knowledge transfer throughout the development of the NANOMAC project. Reflective experience has made possible the evolution both of the project and of the methodology of Real-Time Advice in order to implement the ELSI values in the artefacts generated by research projects.

Key words: technology, advice, reflexivity, nanotechnology

* Investigador del Grupo de Investigación Social en Nanotecnología (GRISON) de la ULL. Doctorando del Departamento de Historia y Filosofía de la Ciencia, la Educación y el Lenguaje de la Universidad de La Laguna, Tenerife, España. Correo electrónico: ancastro@ull.es. La investigación recogida en este texto ha sido financiada por la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del proyecto "Evaluación del proceso de transferencia de nuevos materiales nanotecnológicos en equipos de diagnóstico y tratamiento médico", Evalnanomed (C200801000076).

Evaluación constructiva de tecnologías: un acercamiento a la órbita social ¹

A lo largo de las últimas décadas se ha pasado de una concepción de la tecnología como producto (o “artefactual”) a una concepción de la tecnología como proceso, cambio que conlleva una importante dimensión social. Como consecuencia, la evaluación de tecnologías ha dejado a su vez de centrarse en los productos y ha ido acercándose paulatinamente al proceso de construcción de la tecnología en su totalidad. Así, mientras que la evaluación tradicional de tecnologías tenía un carácter reactivo, hoy las propuestas actuales se afanan por ser proactivas.

El concepto de «evaluación constructiva de tecnologías» aparece por primera vez en los Países Bajos alrededor del final de la década de los años ochenta del pasado siglo (Rip, 1986; Rip y van den Belt, 1988; Smits, 1990; Schot, 1992; Rip et al, 1995; Schot y Rip, 1997). Esta perspectiva defiende que la evaluación de tecnologías no debe ocuparse exclusivamente de los efectos e impactos de las tecnologías, de sus aspectos externos, sino esencialmente de su desarrollo interno, considerado como un proceso continuo en el que se producen elecciones que están condicionadas por factores tanto sociales como económicos, científicos, técnicos o políticos.

Desde este punto de vista, la evaluación de tecnologías sirve fundamentalmente para ayudar y asesorar en la toma de decisiones respecto a las novedosas posibilidades de la tecnología. La idea principal es que las sociedades actuales pueden controlar con su participación, en la medida de lo posible, la trayectoria y el compás del cambio tecnológico (González et al, 1996: 158). Asimismo, la innovación tecnológica puede ser considerada como un proceso de aprendizaje social donde la evaluación constructiva de tecnologías aparece como instrumento para orientar ese proceso creando nexos entre la innovación y los objetivos sociales y políticos. Un aspecto primordial de la evaluación constructiva de tecnologías es que dichos objetivos deberían estar presentes desde el mismo comienzo, ya en el diseño de las nuevas tecnologías.

Para lograrlo, la evaluación constructiva se propone elaborar una valoración de los posibles impactos sociales que cada nueva tecnología puede conllevar para todos los grupos sociales implicados. También tiene entre sus cometidos facilitar una visión general de las soluciones tecnológicas y organizativas de los aspectos problemáticos de la tecnología que se analiza. Además, pretende plantear procedimientos que fomenten la interacción y la retroalimentación entre las apreciaciones sociales y los diseños tecnológicos (Slaa y Tuininga, 1989).

1. La expresión “*Technology Assessment*” generalmente se traduce al español como “evaluación de tecnologías”, aunque algunos autores prefieren “valoración de tecnologías”. Sin embargo, nuestra experiencia obtenida del trabajo colaborativo con los tecnocientíficos nos ha motivado a utilizar “asesoramiento de tecnologías” para definir nuestra aportación a la investigación tecnocientífica desde el punto de vista social. A menudo, la carga peyorativa que supone ser «evaluado» dificulta la relación entre investigadores sociales y naturales. Cuando «asesoramos» trabajamos al mismo nivel de implicación en los proyectos, lo que nos permite participar activamente en el desarrollo de las investigaciones.

Vemos, por tanto, que la evaluación constructiva de tecnologías trata de intervenir en el proceso de desarrollo de cada tecnología. Se han propuesto diferentes fórmulas teóricas para perfeccionar la práctica de la evaluación constructiva de tecnologías, como, por ejemplo (Boxsel, 1994): mejorar la metodología utilizada para ir desde la elaboración de los mapas «socio-tecnológicos» a la creación de un diálogo entre los distintos actores involucrados; o tener en cuenta que la innovación se produce tanto en el momento de la introducción de las tecnologías como en el proceso de su difusión; además, el fenómeno del atrincheramiento de las tecnologías (dentro de una determinada red de intereses y actividades) recomienda que para que una acción sea eficiente debe tener en cuenta el nexo entre las tecnologías existentes y las nuevas; las tecnologías pueden diseñarse de tal forma que sea más sencillo anticipar los distintos efectos sociales, culturales, ambientales o políticos; para ello hay que integrar en las propias tecnologías propiedades como la flexibilidad y la transparencia; por último, se debe tener en consideración a la evaluación constructiva de tecnologías como una forma de aprendizaje social en lo que a los efectos de las tecnologías se refiere. Los proyectos de evaluación constructiva deberían programar la propia evolución del aprendizaje.

Evaluación de tecnologías en tiempo real: un paso adelante

A lo largo de las últimas décadas los científicos sociales han ido identificando los complejos vínculos existentes entre la sociedad y la ciencia. Pero se han obtenido pocos éxitos a la hora de acrecentar la calidad de esos vínculos, de promover un aumento de calidad que añada valor y capacidad a cada sector. A comienzos del nuevo siglo, Guston y Sarewitz propusieron una nueva mirada sobre la evaluación constructiva de tecnologías, a la que denominaron «evaluación de tecnologías en tiempo real» (*Real-Time Technology Assessment*) (Guston y Sarewitz, 2002, 2006). Como la planificación y la previsión perfectas de los impactos de las nuevas tecnologías son metas irreales, estos autores plantean integrar la investigación de los científicos e ingenieros y las políticas científicas con las investigaciones de las ciencias sociales desde el primer momento con el fin de lograr un mecanismo explícito que permita observar y criticar los valores sociales a medida que se van integrando en la innovación.

245

La sociedad continuamente se ve rediseñada por la innovación científica y tecnológica. Pero, de forma recíproca, la sociedad también gestiona y redirige la innovación. Es lo que se conoce a menudo como “co-producción” de la ciencia y la sociedad.² Una demanda implícita de la sociedad es lograr el fortalecimiento de tales vínculos, lo que tiene su reflejo en las controversias sobre las implicaciones sociales, en sentido amplio, de la innovación tecnológica (riesgos para la salud o riesgos ambientales, cambios en las relaciones entre distintos sectores de la sociedad, entre otros), y la distribución de los beneficios y costos de la ciencia y la tecnología.

2. Para un análisis en profundidad del concepto de “co-producción” véase, por ejemplo, Jasanoff (1996, 2004, 2005).

Se ha intentado mejorar esta vinculación entre el entramado tecnocientífico y la sociedad mediante el apoyo institucional a la investigación de las cuestiones éticas, legales y sociales (ELSI, o ELSA en sus siglas en inglés) en iniciativas y proyectos de gran calado como fue el Proyecto Genoma Humano o más recientemente, el desarrollo de las nanotecnologías.³ Sin embargo, hasta ahora no ha sido posible integrar de manera eficiente estos aspectos de la investigación en las políticas públicas de I+D+i. Por ello, la evaluación de tecnologías en tiempo real propone un nuevo y necesario paso: la integración, desde el comienzo, de las ciencias sociales y la política científica con las investigaciones de las ciencias naturales e ingenierías. El objetivo del asesoramiento técnico en tiempo real será informar y apoyar el trabajo investigador de los ingenieros y científicos naturales para, a su vez, poder proporcionar un mecanismo explícito que permita observar y criticar, en su caso. En última instancia, se trata de integrar los valores sociales en la propia innovación. Sin la competencia para llevar a cabo el asesoramiento técnico (y evaluación) en tiempo real, la sociedad no será capaz de maximizar los beneficios de la innovación científica, minimizar sus riesgos y asegurar la adecuada capacidad de respuesta a los intereses públicos y preocupaciones que genera (Guston y Sarewitz, 2002: 95).

A lo largo de su desarrollo, la evaluación de tecnologías derivó hacia dos tipos diferentes de perspectivas: una “instrumental”, en la que dominan los enfoques de los expertos, ya sean científicos, ingenieros o analistas políticos; y otra “discursiva”, que tiene en cuenta la participación del público “lego” dentro de un proceso más deliberativo y educativo. Como se ha señalado en el apartado anterior, de entre esta segunda perspectiva destaca la “evaluación constructiva de tecnologías”, cuyo objetivo final es que los aspectos sociales de la innovación se conviertan en criterios adicionales del diseño desde el principio del proceso innovador. Se pretende con ello minimizar los desajustes, las malas inversiones públicas y el posible conflicto social.

246

Como propuesta evolutiva de la evaluación constructiva, la evaluación de tecnologías en tiempo real difiere de ella, en principio, al menos en tres puntos (Guston y Sarewitz, 2002: 98). En primer lugar, a pesar de que sigue a la evaluación constructiva en la participación en el desarrollo de los mapas socio-técnicos y el diálogo entre productores y consumidores no aborda la problemática de las nuevas tecnologías desde el exterior, ya que se encuentra inserta en el mismo proceso de creación del nuevo conocimiento. Emplea medidas más reflexivas, como encuestas de opinión pública, grupos de enfoque, y el desarrollo de escenarios para obtener datos sobre la percepción de los valores puestos en juego y aportar alternativas de posibles resultados. En segundo lugar, utiliza el análisis de contenidos, la investigación del juicio social y encuestas para explorar cómo el conocimiento, las percepciones y los valores evolucionan con el tiempo. Con ello se pretende mejorar

3. Como respuesta a las controversias éticas derivadas del desarrollo del Proyecto Genoma Humano se desarrollaron (por primera vez en 1990 por parte del *National Humane Genome Research Institute*) programas para analizar las consecuencias éticas y sociales de la investigación científica, paralelamente a medida que se investigaba, con el objetivo de atemperar los posibles conflictos sociales. Este subprograma de las cuestiones ELSI se creó como parte integrante del proyecto y se le asignó una financiación de entre el tres y el cinco por ciento del presupuesto total anual (para una descripción más detallada véase: www.genome.gov).

la comunicación e identificar nuevos problemas. En tercer lugar, integra los mapas socio-técnicos y el diálogo con perspectiva histórica, así como posibles análisis de escenarios, tratando de enmarcar la preocupación por la innovación en un contexto histórico que la hará más susceptible de comprensión y, si es necesario, modificando los futuros escenarios sugeridos.

Desde esta perspectiva, la clave del éxito para lidiar con lo imprevisible de los sistemas complejos como el entramado tecnocientífico de la nanotecnología es la construcción de un proceso de decisión que se encuentre en un estado de permanente reflexión. Esta capacidad reflexiva de la empresa innovadora fomentará una comunicación más eficaz entre las partes implicadas, originando un mayor conocimiento de la evolución de las capacidades, preferencias y valores de los interesados, y permitiendo en suma la modulación de los itinerarios de la innovación y de los resultados que se van obteniendo en un proceso continuo.

Co-evolución reflexiva en la evaluación de tecnologías

Llegados a este punto, podemos recapitular lo que hasta ahora hemos estado considerando. Mediante los recientes desarrollos del asesoramiento constructivo de tecnologías se persigue la co-evolución reflexiva de la ciencia, la tecnología y la sociedad en tiempo real a través del desarrollo de escenarios socio-técnicos y su uso en talleres interactivos en los que participen las diversas partes interesadas y otros actores relevantes. Los actores directamente implicados en este tipo de talleres, o que trabajan con los escenarios, tienen la esperanza de llegar a un nivel reflexivo que les permita aumentar la calidad de sus interacciones.

247

En nuestras sociedades actuales existe una asimetría temporal entre los “impactadores”, aquellos que se encuentran en el origen de los impactos tecnológicos, y los afectados por ellos. Solamente cuando la tecnología ya ha sido diseminada en la sociedad el público afectado puede opinar sobre ella. La evaluación constructiva de tecnologías propone incluir más aspectos y perspectivas en una fase inicial que permita cerrar las opciones tecnológicas aun cuando no se sabe lo bastante sobre sus posibles impactos en la sociedad. Las propias políticas públicas de tecnologías están divididas en dos partes. De un lado, unos organismos promocionan una determinada nueva tecnología (por dar un ejemplo, la nanotecnología); del otro, otros diferentes organismos aspiran a controlar los costos humanos, sociales y ambientales producidos por la introducción de esas mismas nuevas tecnologías, intentando regular adecuadamente en materia de seguridad o de posible daño ambiental. La propia administración se subdivide entre “impactadores” y afectados.

Esta dicotomía entre la promoción y el control de las nuevas tecnologías se convierte en parte constitutiva de nuestras sociedades industrializadas. Dicha característica se muestra no sólo en la división del trabajo entre las agencias gubernamentales, sino también en la vida cultural y política, donde existen diferentes puntos de vista entre los partidarios y los opositores a una nueva tecnología. Para superar estos desajustes, Arie Rip (2008) propone que la evaluación constructiva de

tecnologías funcione como nexo, de forma práctica, organizando talleres interactivos que definan y apoyen los diferentes escenarios socio-técnicos posibles. El propósito general es mejorar la tecnología y la sociedad desde la convicción de que un aumento de reflexividad en la co-evolución será de gran ayuda (Rip, 2008: 147). Según este autor, la democratización de la tecnología se asocia con la evaluación constructiva de tecnologías; sin embargo es solamente un efecto posible, pero no una meta en sí misma. En otras palabras, se considera la participación como un medio y nunca como un fin. El objetivo principal es aumentar la reflexividad entre la tecnociencia y la sociedad a través de la anticipación, la retroalimentación y el aprendizaje, para traducirla en acciones e interacciones. En este sentido, la evaluación constructiva de tecnologías como método es una tentativa que permite ampliar el diseño y el desarrollo de las nuevas tecnologías gracias al refuerzo de las interacciones y la reflexividad. Por ello, la evaluación constructiva de tecnologías (y sus distintas variantes, como es el caso de la evaluación en tiempo real) no debe ser una disciplina cerrada y adscrita a un marco investigador concreto, sino que su esencia debe fundamentalmente ser transdisciplinaria.

La nanotecnología desde la perspectiva del asesoramiento en tiempo real

Debido al marco de incertidumbre que rodea a las nanociencias y nanotecnologías, es importante tratar de anticiparse a sus impactos y crear especulaciones controladas sobre los futuros posibles con el fin de alentar la reflexión y conseguir ampliar el alcance de las decisiones estratégicas acerca de la nanotecnología. Por su propia naturaleza los escenarios socio-técnicos, y en contraste con las hojas de ruta, tienen una duración indefinida. Se diversifican en el futuro y se estructuran mediante un análisis prospectivo de las tecnologías. Una de las ventajas en términos de interacción y reflexión es la manera en que tales escenarios enlazan con los actores tecnológicos, porque los actores siempre funcionan con versiones parciales y difusas de escenarios para orientarse a sí mismos y a otros. En este ámbito, la aplicación de la evaluación constructiva de tecnologías puede mejorar la calidad de dichos escenarios.

Guston y Sarewitz proporcionan un buen modelo para llevar a cabo una evaluación de tecnologías en tiempo real de calidad de las aplicaciones nanotecnológicas. Su metodología consta de cuatro componentes que se encuentran relacionados entre sí. El primer componente es el estudio de casos análogos de investigación a la nanotecnología. Las transformaciones aportadas por innovaciones anteriores, como la biotecnología, pueden ayudar a desarrollar las analogías y los marcos que permitan comprender y anticipar las respuestas del público y sus preocupaciones con respecto a las aplicaciones de las recientes innovaciones. El segundo componente es saber cuáles son los recursos y las capacidades de la iniciativa innovadora. Es necesario identificar las principales tendencias de I+D, los principales participantes y sus roles, y las estructuras organizativas y relaciones. Se debe poder responder a la pregunta “¿Quién está haciendo qué?” en cada momento. Las respuestas a esta pregunta podrían revelar dónde conseguir colaboraciones sinérgicas y permiten, por lo tanto, identificar los puntos en los que hay que centrar el asesoramiento tecnológico. Entender “lo que está pasando” desde el comienzo de un proyecto innovador en

nanotecnología es condición fundamental para lograr el diseño eficaz de un programa de asesoramiento de la tecnología en tiempo real. El tercer componente es la comunicación y la alerta temprana. La comunicación entre los investigadores, los actores que han de tomar las decisiones, los medios de comunicación y el público delimita característicamente la compleja relación existente entre la sociedad y la innovación. Una mejora en la calidad de la comunicación y la alerta temprana proporcionada por la evaluación de tecnologías en tiempo real puede estimular el cambio y el control del conocimiento, las percepciones y las actitudes de las partes interesadas. Asimismo, puede enriquecer la calidad de la comunicación de la ciencia acerca de las implicaciones sociales de las innovaciones nanotecnológicas, dando lugar a un mayor conocimiento y una comunicación más eficaz entre los investigadores y el público, y fomentar así el desarrollo de un proceso más abierto de co-producción tecnológica. El cuarto componente es la participación del público en las evaluaciones de los posibles impactos sociales que las innovaciones nanotecnológicas pudieran causar. Para que los diferentes actores sociales, desde los científicos al público en general, puedan dar una respuesta social informada sobre dichos impactos, antes deben estar preparados para la toma de decisiones reales sobre los efectos de la evolución de la innovación. Los procesos participativos de deliberación estimulan los esfuerzos para mejorar los impactos deseables y mitigar los indeseables a través de decisiones informadas (Guston y Sarewitz, 2002: 100-106).

Sin embargo, son varios los posibles obstáculos que han detectado Guston y Sarewitz a la hora de lograr una aplicación práctica de la metodología de la evaluación de tecnologías en tiempo real. En primer lugar se encuentra el problema de la escala. Como la investigación nanotecnológica ya está ampliamente extendida en el mundo se tendrán que seleccionar proyectos pilotos en su estado inicial. Además se debe tener en cuenta el problema de la participación. El público está acostumbrado a interesarse y movilizarse por las tecnologías una vez que ya han llegado al mercado, por lo que se convierte en un contratiempo generar una reflexión seria en las primeras etapas del proceso de innovación para conseguir la participación deseada de los no expertos. Una táctica para superar este obstáculo podría ser elegir proyectos piloto que planteen problemas similares a los que se encuentran en las actuales controversias que ya se hallan en el debate público sobre el uso de la tecnología. Por su parte, los propios nanotecnólogos están desacostumbrados a resolver las controversias mediante la reflexión filosófica o la deliberación democrática, sino que su propia experiencia y formación les lleva a intentar elucidarlas aplicando algún tipo de método científico (Kelty, 2008: 170). Por otro lado, tenemos los problemas de organización. Es esencial para el modelo de evaluación de tecnologías en tiempo real conseguir una estrecha colaboración entre los científicos naturales, los científicos sociales y el público profano. La "observación participante" puede levantar suspicacias que hay que ir limando poco a poco con la introducción del concepto de multidisciplinariedad desde el mismo comienzo del proceso innovador para abordar con éxito el problema de la colaboración entre los diferentes tipos de expertos. Asimismo, las múltiples conferencias de consenso con la participación de ciudadanos que ya se han llevado a cabo en muchos países, han demostrado la competencia del público lego para realizar preguntas importantes de contenido técnico a los científicos. Son preguntas que ayudan a los desarrolladores

de las políticas públicas a enmarcar y analizar las cuestiones planteadas. Y por último, pero no menos importante, el problema para encontrar apoyos tanto políticos como financieros de la administración a la evaluación de tecnologías en tiempo real.

Ensayos de evaluaciones en tiempo real de investigaciones nanotecnológicas

A lo largo de los últimos años se han llevado a cabo diferentes estudios de campo del desarrollo de la investigación nanotecnológica. Desde la perspectiva de la antropología sociocultural, Christopher Kelty (2008) ha desarrollado una investigación etnográfica en esta área. Su estudio se ha centrado en el *Center for Biological and Environmental Nanotechnology* (CBEN) de la Universidad de Rice en Houston, Texas.

Según su experiencia, para realizar un método etnográfico eficaz el trabajo de campo debe incluir entrevistas, diálogos, colaboraciones y críticas, además de la observación participante. El objeto principal de su trabajo es revelar “algo” dentro de las prácticas y las relaciones humanas que se encuentra oculto para los propios actores en el campo de la ciencia y la tecnología emergente.

Kelty defiende que el trabajo de campo se debe organizar en torno al sitio, en este caso el CBEN, con un análisis exhaustivo sobre el método de trabajo antropológico que tenga en cuenta el papel de las observaciones, la participación y la objetividad, así como también un enfoque sobre las sustancias elaboradas por los nanocientíficos (en su caso ha sido el agua y su relación con los diversos nanomateriales). Cada uno de los elementos de esta estructura organizativa del trabajo de campo, a los que Kelty ha denominado metafóricamente “alótrapos”, es necesario. Según este autor, el sitio permite dilucidar, describir y hacer un seguimiento de las conexiones y las acciones sociales. El método logra contestar el qué, dónde, cuándo y por qué de la investigación de campo, que junto al estudio pormenorizado de las sustancias producidas por los nanotecnólogos, permiten al investigador social realizar un mapa conceptual de las prácticas humanas que forman parte de la investigación, los conceptos y los resultados nanotecnológicos. Estas prácticas pasan inadvertidas para algunos de los nanocientíficos e ingenieros, e incluso en ocasiones son minimizadas por ellos a propósito. Su trabajo de campo consistió en visibilizar determinados aspectos de la nanotecnología a los que no se puede acceder de otra forma, además de algunos proyectos críticos o posibles alternativas potenciales de futuro para la investigación nanotecnológica. Su propósito consistía en revelar algo que los actores desconocen y que pasa desapercibido para ellos (Kelty, 2008: 158-160).

El estudio detallado de la historia, la estructura, las entrevistas con los miembros del centro y las fuentes de financiación del CBEN permitió al autor visibilizar que la meta principal, tanto teórica como de investigación práctica, del centro nanotecnológico ha sido la definición de lo que constituye la propia investigación nanotecnológica. Es decir, la labor fundamental del centro no ha sido solamente científica y técnica, sino que se ha dedicado a realizar la definición de lo que significa la nanotecnología, identificando la ciencia de los materiales con cuestiones que tienen que ver con la salud humana y la seguridad ambiental. El CBEN se ha dedicado a la producción de ideas acerca de la nanotecnología. Con la difusión de estas ideas a

través de la educación de diversos públicos y grupos de interés y los medios de comunicación en general se ha tratado de labrar una base de apoyo para las actividades científicas del centro. Según Kelty, se pretendía impedir la percepción de los posibles riesgos de los nanomateriales con el fin de asegurar las futuras financiaciones del centro de investigación.

Otro estudio, esta vez desde la óptica de la evaluación constructiva de nanotecnologías, ha sido desarrollado por Arie Rip (2008) en el consorcio holandés NanoNed. Este autor ha tenido la oportunidad de experimentar la metodología de la evaluación constructiva de tecnologías, aplicada en tiempo real, analizando las interacciones entre los nanocientíficos y tecnólogos de dicho consorcio.

Como en el caso anterior, el consorcio ha dedicado parte de su presupuesto a financiar la asistencia técnica para el estudio de los aspectos ELSI de su investigación, desde el principio y con seriedad, con el fin de evitar el estancamiento del progreso de la investigación nanotecnológica por culpa de la aparición de impactos no deseados, como pueden ser el rechazo social a los productos desarrollados por sus posibles efectos tóxicos para la salud humana. Su metodología se ha centrado en el desarrollo de los escenarios socio-técnicos y su uso en talleres interactivos en los que han participado las diferentes partes interesadas y otros actores. El objetivo principal de su trabajo ha consistido en conseguir que los actores que han participado en los talleres o que han desarrollado los posibles diferentes escenarios socio-técnicos llegaran a ser más reflexivos y con ello conseguir ampliar el alcance de las decisiones estratégicas que afectan a la nanotecnología.

251

El enfoque de este estudio implementado por Rip en el consorcio NanoNed consta de tres partes combinadas (Rip, 2008: 149). La primera desarrolla la creación de mapas y el análisis de la dinámica en curso del desarrollo tecnológico, los actores y las redes involucradas, y la posterior inserción de los productos tecnológicos en la sociedad. La segunda se basa en la identificación y articulación de los escenarios socio-técnicos centrados en la evolución de la nanotecnología, sus posibles impactos y las diversas opciones de los actores involucrados en el proceso. Según el autor, esta práctica estimula la reflexión de los tecnólogos y otros actores relevantes sobre sus estrategias y elecciones, lo que los hace socialmente más fuertes. La última parte de su enfoque se refiere a la organización de talleres interactivos en los que participen una variedad de actores relevantes, incluyendo a los grupos críticos con la nanotecnología, pero siempre con la presencia de los nanocientíficos y nanotecnólogos. Los escenarios socio-técnicos les permiten investigar otros mundos posibles derivados de sus trabajos de una manera estructurada.

La experiencia de los varios talleres llevados a cabo en NanoNed demostró que los escenarios socio-técnicos sirvieron como plataforma para las discusiones de los talleres que abordaban el desarrollo futuro de las investigaciones y las posibles opciones estratégicas. Además, la posterior evaluación de los talleres mostró que los participantes agradecieron la oportunidad de escuchar las opiniones y las visiones de los demás actores, y de tener la ocasión de poder interactuar entre ellos. Este hecho amplió, según Rip, la reflexión estratégica de los participantes (Rip, 2008: 150).

Asesoramiento de tecnologías en tiempo real: NANOMAC ⁴

Inspirándose en parte en las experiencias de los estudios descritos en el apartado anterior, en la Universidad de la Laguna (ULL), Tenerife, España, se han puesto en práctica los primeros pasos para llevar a cabo un proyecto de asesoramiento de tecnologías en tiempo real aplicado al proyecto de desarrollo de materiales nanotecnológicos NANOMAC.

El Proyecto Estructurante “Nanociencia, Nanotecnología y Materiales Avanzados” (PE-NANOMAC) surgió con el objetivo de promover la cooperación entre los distintos agentes del sistema integrado por la ciencia y la tecnología del sistema público de I+D y las empresas que demandan los resultados generados por los grupos de investigación en estos campos.⁵ Esta cooperación entre los diferentes actores persigue facilitar el intercambio y la transferencia de conocimientos nanotecnológicos y de nuevos materiales para lograr que las empresas interesadas pudieran contribuir al desarrollo del proyecto en calidad de participantes y de receptoras de la transferencia de los resultados. Se perseguía, en suma, la investigación cooperativa en estos temas para que los grupos de investigadores aspiraran a la excelencia investigadora dentro del ámbito de investigación europeo en materia nanotecnológica. Una cosa importante es que desde un primer momento se tiene conciencia por parte de sus promotores del carácter multidisciplinar y transversal del proyecto.

252 Paralelamente, el “Grupo de Investigación Social en Nanotecnología” (GRISON), perteneciente a la Universidad de La Laguna (ULL), comienza su andadura a finales de 2009 con el objetivo principal de mejorar la comprensión de la transferencia tecnológica de las nanotecnologías, especialmente en lo que se refiere a los aspectos metodológicos y de coordinación y articulación de los actores relevantes.⁶

En diciembre de 2009 se producen los primeros contactos entre el PE-NANOMAC y GRISON. A partir de experiencias de colaboración previas, la directora de NANOMAC considera interesante que el Investigador Principal (IP) de GRISON, junto con el resto del grupo, tenga un papel en el desarrollo del proyecto asesorando sobre todo en temas éticos, en temas de difusión y comunicación y, si es posible, en la dimensión económica. En la **Tabla 1** se detallan las interacciones que se han producido entre ambas iniciativas (NANOMAC y GRISON) desde el primer momento

4. Para un análisis complementario de la experiencia con NANOMAC véase el artículo de Juan Sánchez García en este mismo dossier.

5. Los Proyectos Estructurantes son una iniciativa de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACIISI) que surge para apoyar y consolidar grandes proyectos de I+D que integren a grupos de investigación de las dos Universidades de las Islas Canarias (ULL y ULPGC) con empresas. Se pretendía con ello potenciar una nueva economía basada en el conocimiento (http://agencia.itccanarias.org/es/actuaciones/2010/actuacion_proyectos_estructurantes.jsp).

6. El Grupo de Investigación Social en Nanotecnología es un grupo interdisciplinar formado por investigadores españoles de ciencias humanas y sociales con experiencia en el estudio social de la ciencia y la tecnología, incluyendo los aspectos éticos, el análisis de riesgos, la comprensión pública y la participación social. El principal objetivo de GRISON es el análisis de las repercusiones socio-ambientales de las nanotecnologías.

y las impresiones que se han obtenido al poder ensayar un asesoramiento en tiempo real de tecnologías para un gran proyecto de I+D de nanotecnología.

Tabla 1. Nacimiento y primeros pasos del desarrollo reflexivo de NANOMAC y GRISON

NANOMAC		GRISON	
Fechas	Objetivos	Interacciones	Impresiones
20 de mayo a 3 de junio de 2010	Presentación del proyecto a las dos universidades canarias.		
7 de junio de 2010 (Reunión Directora NANOMAC - GRISON)		Preparación del formato de la reunión prevista para septiembre. Asesoramiento sobre la redacción del mensaje de invitación a las Jornadas NANOMAC.	Conciencia de la gran oportunidad que brinda NANOMAC para poner en práctica el Asesoramiento en tiempo real desde el inicio del proyecto. Preocupación por el lenguaje utilizado en las comunicaciones con los actores.
15 de octubre de 2010	Constitución del Consejo Gestor de NANOMAC.	El IP de GRISON es invitado a formar parte del Consejo Gestor.	Se pone de manifiesto las reticencias de algunos investigadores a la labor investigadora de GRISON. Se detectan dificultades para coordinar a los investigadores de los diferentes grupos de investigación.
28 de noviembre de 2010		Reunión de los miembros de GRISON con el equipo gestor de NANOMAC: se pide participación en la solicitud de una convocatoria europea.	Se comprueba que la demanda de asesoramiento ELSI por parte de NANOMAC es seria debido a la necesidad de competir a nivel europeo a la hora de conseguir financiación. En Europa se exige, como elemento fundamental, que cualquier proyecto de investigación conlleve un análisis de las cuestiones ELSI. En España aun no está difundida esta idea ni entre los responsables científicos ni entre los gestores políticos.

7 de diciembre de 2010	Presentación de un posible proyecto de ámbito europeo para aglutinar a diversos grupos de investigadores alrededor del tema de los materiales para la sostenibilidad.	Participación activa de GRISON en la elaboración de la memoria en la que destacan las demandas sociales y los estudios ELSI por parte de los evaluadores europeos.	GRISON se implica de lleno en la solicitud del proyecto. El trabajo de preparación de la solicitud significa un cambio de rumbo significativo en las relaciones previas entre ciertos sectores de la Universidad y NANOMAC (escaso apoyo inicial, e incluso rechazo, a la iniciativa). Desde las instituciones académicas universitarias se comienza a percibir la capacidad de proyección internacional que se puede lograr si se es capaz de unificar a los diversos, y dispersos, grupos de investigación con el fin secundar un objetivo común.
enero - junio de 2011	<p>Convenio para la financiación de la gestión de NANOMAC.</p> <p>Clasificación de la lista de interesados en participar en NANOMAC:</p> <p>Elaboración de las fichas de datos de los grupos de investigación que forman NANOMAC.</p> <p>Promoción de NANOMAC en distintos foros.</p>	Las interacciones se vuelven habituales entre NANOMAC y GRISON: elaboraciones de memorias para presentaciones, análisis detallado del estilo de las comunicaciones internas entre los miembros de NANOMAC, etc.	
septiembre de 2011	Preparación de las Primeras Jornadas NANOMAC.	Asesoramiento sobre el formato de las presentaciones (distribución de los participantes, duración de las ponencias, formato). Este punto se revela como sumamente importante para limar las asperezas y las reticencias que existen por parte de los grupos de investigación que forman NANOMAC con respecto al propio proyecto. Se tienen dudas sobre su utilidad y, ante todo, sus posibilidades de llevar a cabo la cooperación buscada.	Aparecen problemas con otras instituciones científicas universitarias debido quizá a la percepción de que NANOMAC se puede inmiscuir en su territorio. Algunos grupos de investigación de prestigio, o tradicionalmente aislados, puede percibir la iniciativa como un posible competidor por los mismos recursos de financiación existentes. No logran entender NANOMAC como un impulso para lograr un salto de calidad en la investigación que permita acceder a nuevos recursos internacionales (tanto financieros como intelectuales) que hasta el momento están fuera del alcance de cada uno de los grupos si aspiran a obtenerlos de forma individual.

<p>10 - 11 de octubre de 2011</p>	<p>PRIMERAS JORNADAS NANOMAC (con un año de retraso con respecto a lo previsto).</p>	<p>Se toman notas de las presentaciones in situ y se registran y analizan los datos de todos los grupos de investigación. Se genera una tabla/ficha en la que se identifica lo que cada grupo de investigación ofrece y demanda de los demás. Se distribuyen utilizando diferentes colores los grupos de investigación según áreas de interés. Esta ficha, que explicita las posibles sinergias entre los grupos de investigación, se transforma en una herramienta relevante para que estos se conozcan entre sí después de la reunión y para que trabajen sobre ella con el objeto de definir sus posibles líneas de producción.</p>	<p>Estas Jornadas resultan ser sumamente importantes para la clarificación del proyecto. Los participantes pueden compartir el contenido de sus trabajos, conocer el de los demás y darse cuenta de que es posible un impulso sinérgico de sus propias investigaciones con su integración plena y apoyo al proyecto. GRISON participa como un grupo de investigación más de los que forman el PE. Se define a sí mismo como grupo de investigación transversal dentro de NANOMAC. Se analizan las potenciales sinergias de los diferentes grupos de investigación. Queda patente el gran desconocimiento de muchos de los grupos de investigación sobre las actividades que el resto de grupos lleva a cabo. Todos agradecen la oportunidad de poder exponer su trabajo y enterarse de cuáles son las líneas de investigación de los demás grupos. Se respira un ambiente optimista que facilita el futuro desarrollo de NANOMAC.</p>
<p>19 octubre de 2011</p>	<p>Reunión con GRISON para elaborar un guión para las reuniones temáticas de los grupos de investigación.</p>	<p>De esa reunión sale la necesidad de organizar otra previamente con los coordinadores de cada reunión de grupos de investigación que permita explicarles la importancia y lo que significa el concepto de multidisciplinariedad que caracteriza a NANOMAC. Se pretende que ellos lo proyecten en sus respectivas reuniones de grupo.</p> <p>Aparece el concepto de "negociar el arcoíris" como imagen simbólica de la colaboración multidisciplinar eficiente y necesaria utilizando la información generada por la "ficha de colores".</p>	<p>Se constata que muchos investigadores, tanto de las ciencias naturales como sociales, no tienen una idea clara de lo que significa el trabajo multidisciplinar y surge la necesidad de realizar una "diseminación horizontal" para explicarlo. Lograr la colaboración de los distintos investigadores en el proyecto común es básico y requiere una intensa labor explicativa de las cuestiones ELSI.</p>

A medida que NANOMAC crece van surgiendo diversos problemas, tales como las controversias entre varios grupos de investigación debidas, al menos en parte, a los vicios organizativos que impone la propia estructura compartimentalizada de la investigación universitaria española. Por otro lado, la forma que tienen los grupos de investigación de obtener financiación parece obligarles a diferenciarse para competir entre ellos por los mismos recursos, que son limitados, y genera recelos a la hora de compartir información y otros recursos de los grupos.

Esta situación complica la idea primordial de NANOMAC de aunar esfuerzos y promover una investigación multidisciplinar que cree sinergias innovadoras. Desde el punto de vista de GRISON, los grupos de investigación deberían apoyarse y ceder conocimiento a otros grupos, al estilo de los clusters de empresas innovadoras, para lograr acceder a una financiación de ámbito superior, ya sea nacional o europea. Este salto financiero cuantitativo generaría un salto cualitativo de la investigación en nanotecnología que se lleva a cabo en la comunidad. Esto requiere un esfuerzo previo de “diseminación horizontal”, utilizando herramientas como los mapas conceptuales que permitan hacer entender a los restantes grupos de investigación que integran el proyecto que la unión con sus posibles competidores será a la larga más beneficiosa para sus intereses, aunque para ello tengan que ceder parte de sus resultados y recursos. Es decir: fomentar sinergias de la misma forma que las empresas de los clusters también deben seguir la misma estrategia para conseguir tener mayor presencia en el mercado.

256

Otro problema para la transferencia de los resultados de las investigaciones de los grupos de investigación a la sociedad es que su finalidad última, dentro del ámbito académico universitario, es publicar. Esta situación crea una clara diferenciación entre el mundo “real”, que aplicará en los artefactos comercializados parte de sus conocimientos, y el mundo académico. Una vez que los grupos de investigación obtienen resultados interesantes desde el punto de vista práctico, algunos no saben bien qué hacer realmente con ellos, qué otros pasos dar. Es decir: no se conocen lo suficiente los procesos de innovación (sobre todo la comercialmente viable) a partir de los resultados obtenidos.

Además, NANOMAC se habría de constituir en el nexo que aglutine dichos grupos de investigación para poder mediar con el resto actores relevantes de forma conjunta y coordinada. Las reuniones con los representantes de las distintas administraciones financiadoras (Gobierno de Canarias, Cabildos) se han llevado a cabo hasta ahora previamente a la armonización de los grupos de investigación. Por ello, NANOMAC debe cambiar su rol y convertirse en la correa transmisora de comunicación que enlace la investigación científica y tecnológica fundamental que realizan los grupos de investigación en nanociencia, nanotecnología y nuevos materiales con el resto de actores relevantes, ya sean empresas tecnológicas o representantes de la sociedad civil.

En cuanto a las aportaciones de GRISON, desde la investigación social a la transferencia de las tecnologías, hay que destacar que se ha tenido la interesante oportunidad de estar involucrado desde fases tempranas en el asesoramiento y diseño de las metodologías organizativas de NANOMAC. Lograr una estructura

organizativa eficiente se ha revelado como el ingrediente fundamental del proyecto en sus primeros momentos. Los actores demandan lazos de unión con una perspectiva holística sobre las necesidades y potencialidades del sector investigador nanotecnológico de Canarias, tanto desde el ámbito académico como del empresarial y social. Asimismo, GRISON está contribuyendo a la visibilidad dentro de NANOMAC de los problemas éticos y sociales. Se intentan aplicar día a día en el diseño de las estrategias de las reuniones entre los diferentes actores los valores ELSI implícitos en la evaluación constructiva de tecnologías. En la medida de lo posible, esta aplicación se ha ensayado dentro de la propia organización de NANOMAC. El resto de los grupos de investigación del proyecto debe apreciar que la inclusión de los aspectos éticos y sociales es un trabajo reflexivo y continuado a lo largo de todo el proceso de innovación, desde el mismo inicio, y no solamente un conjunto de buenas intenciones que procurarán definirse al final para añadir algo que viene impuesto desde fuera por normativas o requisitos de las convocatorias. Únicamente de esta forma pueden quedar integrados los aspectos ELSI en los futuros artefactos que sean generados por los diferentes actores de NANOMAC. Antes de que el conocimiento adquirido pueda transferirse al resto de la sociedad, primero hay que articularlo desde dentro de los propios generadores del conocimiento. La labor de un grupo de investigación social -tal y como lo concibe GRISON- ha de convertirse en visible y transversal para que sea tenida en cuenta en cada paso del proceso de la innovación tecnológica que se pretende asesorar.

En resumen, durante el nacimiento y los primeros pasos del proyecto la función principal de GRISON es la de observar lo que se está haciendo en NANOMAC y, sobre la base de esta observación, la de asesoramiento, aportando sugerencias sobre aspectos concretos (por ejemplo, sobre el formato de presentación de las ideas entre los miembros del grupo para eliminar posibles susceptibilidades y promover el trabajo sinérgico y colaborativo).

A partir de este punto debería comenzar una segunda fase del asesoramiento en tiempo real a NANOMAC. Como tarea pendiente es primordial llevar a cabo reuniones periódicas de articulación entre las partes interesadas de los investigadores con los actores sociales y con el público (representantes de la sociedad civil). Actualmente los gestores de NANOMAC se reúnen aisladamente con cada uno de los actores relevantes. Se tendrían que diseñar reuniones “híbridas”, en la que participen representantes de todas las partes interesadas de la sociedad civil como asociaciones de consumidores, pacientes, empresarios. Para ello es necesario preparar previamente cuestionarios que aporten información sobre qué saben los diferentes actores relevantes sobre NANOMAC y qué buscan o qué esperan de este proyecto. Se necesitan reuniones de seguimiento periódicas entre los gestores del proyecto y los asesores de la parte social, por decirlo así, para tomar el pulso del estado de desarrollo del proyecto y detectar los posibles problemas desde el mismo momento de su aparición. Tanto GRISON como NANOMAC tienen por delante una ardua labor de aprendizaje que les permita definir escenarios flexibles y proyectables en el futuro con altas garantías de éxito. El objetivo último es que el Consejo Gestor de NANOMAC no esté formado solamente por un pequeño grupo de expertos, sino que incluya de forma integradora a representantes de todos los actores sociales, tanto de los “impactadores” de las nanotecnologías como de los afectados por ellas.

Conclusiones

A lo largo del presente trabajo se ha llevado a cabo un recorrido por el inicio y la evolución del concepto de “evaluación constructiva de tecnologías”. Desde finales de los años 80, se ha introducido por parte de los estudios sociales de la tecnología una visión de la misma como proceso y como construcción entre diversos actores. Así, las propuestas actuales de evaluación de tecnologías tienen a menudo un carácter proactivo, siendo su función principal la de ayudar y asesorar en la toma de las decisiones que afectan al desarrollo de las nuevas tecnologías, valorando los posibles impactos sociales de cada una de ellas. La evaluación constructiva de tecnologías intenta intervenir en el proceso de desarrollo de cada tecnología para que refleje los valores éticos, legales y sociales en sus productos, de manera que se minimicen sus posibles impactos sociales negativos.

Una evolución de la metodología de la evaluación constructiva de tecnologías es la “evaluación de tecnologías en tiempo real”, que intenta integrar la investigación básica de los nanocientíficos y nanotecnólogos y las políticas científicas con las investigaciones de las ciencias sociales desde las fases tempranas del desarrollo de los productos tecnológicos. Esto es necesario porque la sociedad se ve continuamente rediseñada por la innovación científica y, a su vez, la sociedad también influye en la innovación en un continuo proceso de coproducción recíproca. Se trata de integrar los valores sociales en la propia innovación a través de un continuo proceso reflexivo llevado a cabo por los actores relevantes que participan en el proceso innovador.

258

Se han puesto en práctica evaluaciones constructivas de nanotecnologías en diferentes centros científicos, como el CBEN o el consorcio NanoNed, y se han aplicado distintas metodologías para conseguir visualizar los objetivos ocultos en la dinámica investigadora e integrar los valores ELSI desde el comienzo del proceso innovador. Además, en este trabajo se han descrito con cierto detalle los primeros pasos dados en el proceso de asesorar en tiempo real al proyecto investigador de nanomateriales NANOMAC. Se ha tenido la oportunidad de participar en el proyecto desde sus primeros momentos, lo que ha permitido una interacción reflexiva y fluida entre el Grupo de investigación social en nanotecnología de la ULL y actores relevantes del proyecto NANOMAC. Se han observado los entresijos del funcionamiento organizativo de NANOMAC y se han aportado sugerencias para lograr una mejora en la calidad de las comunicaciones internas con el objetivo de promover sinergias entre los diferentes actores relevantes del proyecto. También se han realizado sugerencias para acciones futuras que continúen con el proceso de integración de los valores ELSI en el proyecto NANOMAC.

Gran parte de estas enseñanzas y recomendaciones habrían de valer, por supuesto, con independencia del futuro concreto que aguarde a NANOMAC. Ya se le llame de otra manera, ya mantenga su nombre, pero redefiniéndose sobre otras bases de financiación e institucionales, lo relevante es cómo una iniciativa como la descrita puede aportar visibilidad a las cuestiones éticas, legales y sociales insertas en las innovaciones nanotecnológicas para poder reflexionar sobre ellas y actuar de

forma adecuada y a tiempo. NANOMAC es un excelente ejemplo, pero por lo que atañe a la investigación social en particular, lo más significativo de este ensayo se encuentra en la aplicación de la metodología y en lo que se aprende con ella.

Bibliografía

BOXEL, J. van (1994): "Constructive Technology Assessment: A New Approach for Technology Assessment Developed in the Netherlands and its Significance for Technology Policy", en G. Aicholzer y G. Schienstock (eds.): *Technology Policy: Towards an Integration of Social and Ecological Concerns*, Berlín/Nueva York, De Gruyter.

GONZALEZ GARCÍA, M. I.; LOPÉZ CERESO, J. A. y LUJÁN, J. L. (eds.) (1996): *Ciencia, tecnología y sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid, Tecnos.

GUSTON, D. (2006): "Real-time Technology Assessment". Disponible en: <http://nanohub.org/resources/1224>.

GUSTON, D. y SAREWITZ, D. (2002): "Real-Time Technology Assessment", *Technology in Society*, vol. 24, pp. 93-109.

JASANOFF, S. (1996): "Beyond Epistemology: Relativism and Engagement in the Politics of Science", *Social Studies of Science*, vol. 26, n° 2, pp. 393-418.

JASANOFF, S. (ed.) (2004): *States of Knowledge: The Co-Production of Science and Social Order*, Londres, Routledge.

JASANOFF, S. (2005): *Designs on Nature: Science and Democracy in Europe and the United States*, Princeton, N.J., Princeton University Press.

KELTY, C. (2008): "Allotropes of Fieldwork in Nanotechnology", en F. Jotterand (ed.): *Emerging Conceptual, Ethical and Policy Issues in Bionanotechnology, Philosophy and Medicine*, vol. 101, part 4, Springer Science + Business Media B.V., pp. 157-180.

RIP, A. (1986): "Controversies as informal technology assessment", *Knowledge, Creation, Diffusion, Utilization*, vol. 8, n° 2, pp. 349-371.

RIP, A. (2008): "Nanoscience and Nanotechnologies: Bridging Gaps Through Constructive Technology Assessment", en G. Hirsch Hadorn et al (eds.): *Handbook of Transdisciplinary Research*, Springer, pp. 145-157.

RIP, A. y VAN DEN BELT, H. (1988): *Constructive Technology Assessment: Toward a Theory*, Enschede, Universidad of Twente.

RIP, A. y MISA, T.J. et al (eds.) (1995): *Managing Technology in Society. The Approach of Constructive Technology Assessment*, Londres, Pinter Publishers.

SCHOT, J. W. (1992): "Constructive Technology Assessment and Technology Dynamics: The Case of Clean Technologies", *Science Technology and Human Values*, vol. 17, pp. 36-56.

SCHOT, J. y RIP, A. (1997): "The Past and Future of Constructive Technology Assessment", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 54, pp. 251-268.

SLAA, P. y TUININGA, E. J. (1989): "Constructing Technology with Technology Assessment", en M.A. Quintanilla (ed.): *Evaluación parlamentaria de las opciones científicas y tecnológicas*, Madrid, Centro de Estudios Constitucionales.

SMITS, R. E. H. M. (1990): *State of the Art of Technology Assessment in Europe*, The Commission of the European Communities.

Aprendiendo del futuro: Gobernando la nanotecnología

Learning from the future: Governing Nanotechnology

Anna García Hom *

“A vosotros los audaces buscadores e indagadores y a quienquiera que alguna vez se haya lanzado con astutas velas a mares terribles, -a vosotros los ebrios de enigmas, que gozáis con la luz del crepúsculo, cuyas almas son atraídas con flautas a todos los abismos laberínticos: -Pues no queréis con mano cobarde seguir a tientas un hilo; y allí donde podéis adivinar, odiáis el deducir...” (Nietzsche, 1892: 228)

El desarrollo científico y tecnológico actual nos conduce innegablemente a, como mínimo, dos resultados: primero, un incremento sin precedentes de la complejidad y la incertidumbre y, con ello, de sus efectos sobre los procesos de toma de decisiones. Segundo, actualmente, y a tenor de una cada vez mayor presencia de nuevas tecnologías, la necesidad de desarrollar un nuevo modelo de gestión de aquellas incertidumbres que exige superar y complementar los modelos de gestión de riesgos hasta hoy al uso. Precisamente por ello, este artículo centra su principal objetivo en la propuesta de un modelo de gestión que denominamos de gobernanza anticipatoria y que usa la prospectiva y las técnicas de análisis de inteligencia como las herramientas más adecuadas para tratar con aquellos fenómenos. Así, en primer lugar, se abordará el debate aún pendiente de la distinción entre peligro y riesgo para después adentrarnos en la descripción de lo que consideramos los tres modelos de gestión de riesgos, si bien centrando nuestra atención en la propuesta de desarrollar un modelo basado en la anticipación y la comprensión de un futuro incierto y complejo.

261

Palabras clave: riesgo, peligro, gobernanza anticipatoria, prospectiva, futuro

Current scientific and technological developments will undeniably lead to, at a minimum, two results: 1) an unprecedented increase in complexity and uncertainty which will have multiple effects on decision making processes; and 2) due to the increasing presence of new technologies today, the need to develop a new model to manage those uncertainties: the creation of this new model demands going beyond and complementing current risk management models. The main objective of this article is to propose a management model that we call anticipatory governance and that uses future studies (foresight) and intelligence analysis techniques as the tools most adapted to deal with those phenomena. In this way, we not only participate in the still open debate on the distinction between danger and risk, but we also describe what we consider to be the three models of risk management, focusing on our proposal to develop a model based on the anticipation and comprehension of a complex and uncertain future.

Key words: risk, danger, anticipatory governance, foresight, future

* Investigadora principal del Centro de Investigación en Gobernanza de Riesgos de la Universitat Autònoma de Barcelona (GRISC-UAB). Sitio web: www.grisc.cat. Correos electrónicos: anna.garcia@uab.cat y agahom@gmail.com.

Introducción

Cuenta la leyenda que Dédalo, gran arquitecto del laberinto de Creta, fue condenado a cumplir condena junto a su hijo Ícaro en el laberinto que él mismo había construido. Vigilado día y noche por tierra y por mar, el aire era su única vía posible de escape. En el intento de huir, solicitó a sus carceleros plumas y cera y con todo ello creó unas alas para él y para su hijo. Tras numerosas pruebas y ensayos, finalmente aprendieron a utilizarlas y, lo que es aún más importante, los peligros que conllevaba su uso. Así llegó el día de huida. Si bien antes Dédalo advirtió a Ícaro muy seriamente que no se acercase mucho al sol, porque la cera se fundiría, ni tampoco al mar, porque la sal endurecería la cera y la haría demasiado pesada. Juntos emprendieron el vuelo y se mantuvieron siempre en una posición adecuada para sus necesidades tal y como habían ensayado tantas y tantas veces. Pero Ícaro se confió, y empezó a subir más y más alto, admirado de todo cuanto le rodeaba, y en su descuido se acercó tanto al sol que se desprendieron sus sujeciones, se derretió la cera y las plumas se separaron, haciéndole caer al mar.

En el mito de Dédalo e Ícaro, la libertad es el principio del arte entendido como ciencia. Una ciencia no exenta de peligros, que puede ser al mismo tiempo tan liberadora como mortal si se usa con imprudencia y que en los albores de este nuevo milenio nos permite asistir atónitos al nacimiento de una nueva tecnología como si de una cosmogonía se tratara. Las nanotecnologías, objeto de atención de este artículo, parecen ofrecernos, no sólo profundos cambios en potentes áreas de aplicación, sino que brindándonos la oportunidad de volar más alto nos permiten soñar en un futuro, quizás, mejor.

262

Un vuelo que, sin embargo, tal y como Dédalo advirtió a Ícaro, no está exento de peligros. O mejor, en nuestro caso, de incertidumbres. Dédalo jugaba con una gran ventaja que hoy en día nosotros no poseemos. Él sabía positivamente que si volaba demasiado alto la cera se derretiría y si lo hacía demasiado bajo la cera se endurecería. Y con esta información trazó una ruta, que de haber sido respetada habría llevado a Ícaro sano y salvo a tierra firme.

La práctica de la predictibilidad (como un vector de control o monitorización, tal y como nosotros lo consideraríamos) por parte de los humanos era una cuestión algo incierta. Seguramente la adquisición de conciencia de los peligros corre pareja con el desarrollo de métodos para identificar las conexiones causales entre los efectos adversos y los distintos tipos de actividades peligrosas.¹ De acuerdo con Bernstein, este nuevo dispositivo conceptualizador creó una línea divisoria histórica:

1. Esto sería el caso de los análisis modernos del riesgo, los cuales tienen su raíz en la teoría de la probabilidad y en el desarrollo de mecanismos para determinar la fuente del daño y sus consecuencias o efectos adversos. (Molak, 1997: 3-4)

“Qué es aquello que distingue los millones de años de la historia de aquello que nosotros pensamos como tiempos modernos. La respuesta va más allá de progreso de la ciencia, la tecnología, el capitalismo y la democracia (...) La idea revolucionaria que define el límite entre los tiempos modernos y el pasado es el dominio del riesgo: la noción de que el futuro es algo más que un capricho de los dioses y que los hombres y mujeres no son pasivos ante la naturaleza. Hasta que los seres humanos no descubrieron una forma de cruzar ese límite, el futuro era el espejo del pasado o el dominio oscuro de los oráculos y adivinos que retenían el monopolio sobre el conocimiento de anticipar los acontecimientos (...) La capacidad de definir qué podría suceder en el futuro y escoger entre alternativas se encuentra en el corazón de las sociedades contemporáneas. La gestión del riesgo nos guía sobre un vasto abanico de toma de decisiones: desde la distribución de riqueza a la protección de la salud pública, desde la lucha contra la inflación a la planificación de una familia, desde el pago de prima de seguros a llevar cinturón de seguridad, desde planificar el cultivo de maíz hasta comercializar cereales”.²

Más aún, el método científico solo se impuso en la medida en que el hombre empezó a concebir el mundo como una mera relación de causa y efecto y asumió que el objetivo principal de toda búsqueda de conocimiento era el descubrimiento de las conexiones causales desprovistas de cualquier finalidad u objetivo. En este sentido, coincidimos con Elías en que “no ha habido separación de forma y contenido: cuando apareció la concepción mecánica del mundo, apareció al mismo tiempo un método de investigación adecuado a ésta” (Elías, 1990).

263

En el caso de las nanotecnologías, hoy nosotros carecemos de información suficiente para determinar con absoluta certeza a qué nos enfrentamos y cómo lo afrontamos. No sabemos con exactitud qué peligros acechan nuestro camino, lo que nos dificulta en nuestra tarea de desarrollar un análisis preciso de riesgos y nos obliga a caminar por un sendero de tinieblas, sin ningún mapa, sólo con una brújula que se actualiza a cada instante.

Frente a esto, y a tenor de ciertas experiencias que han precedido nuestro desarrollo científico y tecnológico, deberíamos desarrollar un método que ayudándonos a orientarnos en la oscuridad, nos permita gobernar un futuro, hoy, más incierto. La gobernanza anticipatoria aplicada al campo de las nanotecnologías podría pensarse como una nueva ruta para gobernar dicho futuro.

El objetivo de este artículo es apuntar una aproximación a la idea de gobernanza anticipatoria como una metodología para la gobernanza de las tecnologías

2. Como explica el autor (Bernstein, 1996), fue este dispositivo el que usaron los reyes del Antiguo Régimen para calcular su población futura en vistas a las necesidades militares y financieras. Pero fue la probabilidad, y de manera fundamental, la que llevó al desarrollo de planes de seguros, en primer lugar con vistas a los barcos, a los seguros de vida y a los seguros contra incendios.

emergentes y más específicamente, en nuestro caso, para las nanotecnologías.³ Tecnologías que, como a Dédalo, nos deberían permitir hacer lo que nada ni nadie antes hizo. Nuestro objetivo no es entrar en consideraciones ético-morales ni debates vinculados al principio de precaución pues entendemos que ambas cuestiones se ubican en otro ámbito: el del aprendizaje del presente.

La estructura de estas líneas pretende, en primer lugar, problematizar, brevemente, la cuestión epistemológica relativa a los conceptos de peligro y riesgo y su incorporación al ámbito de la denominada gobernanza anticipatoria. En segundo lugar, apuntar a una propuesta de un modelo de toma de decisiones basado en la gobernanza anticipatoria que tiene la incertidumbre como protagonista del proceso y que acorde con un contexto de ciencia post-normal (Funtowicz y Ravetz, 1992: 85-123) propone una fórmula que consiste en la creación colectiva de escenarios futuros y de herramientas para su gestión.

Sobre el peligro y el riesgo

El primero de los aspectos a analizar hace referencia a la construcción del significado de peligro y de riesgo en un contexto de tecnologías emergentes y, más concretamente, en el contexto de las nanotecnologías. A modo de catalizador tecnológico, las nanotecnologías parecen revolucionar gran parte del conocimiento científico acumulado hasta la fecha. Para los propósitos de nuestro artículo, trazan además una clara frontera entre lo que podríamos calificar como peligro ontológico y riesgo epistemológico.

264

A lo largo de las últimas décadas, en los estudios sociales sobre riesgos, ha existido una cierta tendencia a utilizar los conceptos “peligro” y “riesgo” de manera confusa e intercambiando a menudo sus significados, dando lugar a un sistema interpretativo del peligro y del riesgo insuficiente para abordar, en nuestro caso, las nanotecnologías. Ambos significados son incluso demasiado estáticos y rígidos al estar excesivamente desvinculados de la acción y de la vida humanas.⁴ Para ello consideramos necesario avanzar en el desarrollo de modelos conceptuales más acordes a aquellos, permitiéndonos una aproximación a nuestro caso de estudio a partir de una distinción fundamental: la prevención de peligros y la gobernanza de riesgos.

3. Entendemos por tecnologías emergentes aquellas que se derivan de los nuevos conocimientos o de la aplicación innovadora del conocimiento existente y que llevan a un rápido desarrollo de nuevas capacidades. Las tecnologías emergentes están proyectadas para tener importantes repercusiones económicas, sociales y políticas con impactos sistémicos y de larga duración. A estas tecnologías se las conoce con las siglas NBIC (Nano, Bio, Info, Cogno), GRINN (Genética, Robótica, Información, Neurociencias y Nanotecnologías).

4. Es el caso de las definiciones clásicas de la “cindínica”, la ciencia de los riesgos y del peligro, Bourg y Schelgel sostienen: “El peligro es la tendencia de un sistema a dar lugar a uno o varios accidentes. El peligro posee dos propiedades: su probabilidad y su gravedad. La probabilidad mide las oportunidades que hay de que se materialice. La gravedad mide el impacto de esta materialización por el daño máximo correspondiente”. El riesgo es definido como “la medida del peligro. Combinando por multiplicación las dos dimensiones del peligro, su probabilidad y su gravedad, el riesgo da una medida sintética del peligro. En cálculo de probabilidades, el riesgo tiene pues una estructura de esperanza matemática” (Bourg y Schlegel, 2001).

En lo que respecta a la primera pareja de nociones relacionadas, esto es, peligro y prevención, nuestra aproximación consideraría la naturaleza ontológica del peligro su característica principal, pues considerando el peligro la anticipación mental de un daño (y por tanto basada en una experiencia anterior) lo convierte en una propiedad objetiva e inherente al sujeto, objeto o acción. Siendo por tanto el peligro la capacidad de daño que está implícita (al objeto, sujeto o acción), y que cuenta además con el hecho de ser cuantificable, constatable, gestionable y previsible, la prevención se presenta como la herramienta de gestión más adecuada. Esto es, la intervención sobre los peligros se realiza mediante la implementación de estrategias de prevención que tienen el objetivo de anticipar o actuar de manera calculada sobre la fuente del peligro antes de que dicho peligro se materialice. La prevención, pues, sólo tiene sentido para aquellos fenómenos sobre los cuales disponemos de suficiente conocimiento para saber qué pasará (experiencias previas) y actuar frente a ello con el objetivo de evitar la materialización de los daños que los acompañan.

Por otro lado, consideraríamos el riesgo en tanto construcción -económica, política, social, jurídica, mediática y ética-, y que ubicado en un mundo de probabilidades, incertidumbres y percepciones, nos inclinaría a pensar más en su naturaleza epistemológica y los factores constructivistas que lo caracterizarían.

De este modo, los riesgos visibilizarían o construirían numéricamente los efectos potenciales que los peligros probablemente causarán sobre terceros -riesgo como probabilidad- o bien describirían aquellas situaciones que, resistiéndose a cálculos meramente estadísticos, vagarían en el limbo de lo incierto y desconocido -riesgo como incertidumbre-. Por último, también podrían manifestar la valoración negativa (o positiva en el caso de los mercados de riesgos financieros, "*risk appetite*" por ejemplo) por parte de los individuos con independencia de la existencia real de peligro (percepción individual), ya que los individuos no quieren saber sólo cómo de probable es un resultado adverso, sino también cuánto de malo (o bueno) será ese resultado (para qué y para quién). O sea: riesgo como percepción.

265

Como vemos, el riesgo orbitaría en la región de las probabilidades, de las incertidumbres y de las percepciones. Todas ellas ancladas, por el momento, en un territorio de difícil delineado y donde las estrategias preventivas, propias de los peligros ciertos, verían claramente limitadas o incluso imposibilitadas sus funciones de control, minimización y reducción. En el caso de las nanotecnologías, esta capacidad de previsión y anticipación que vinculamos directamente con la prevención de peligros hallaría su talón de Aquiles en la realidad tecnológica de aquellas que, en su fase inicial de desarrollo, precisamente por la inexistencia de experiencia anterior en que basar el peligro, se resisten a ser vistas y tratadas como objetos pasivos de predicción y control.

Efectivamente, ésta sería la situación en la que hoy en día situaríamos las denominadas tecnologías emergentes y, en ellas, las nanotecnologías: un contexto caracterizado por las incertidumbres y las ignorancias que distinguen a un estadio de precocidad tecnológica y -por ende- económica, social, política, jurídica y ética. Además, y dada la inherente complejidad de las interacciones entre las tecnologías y la sociedades (García Hom, 2005), se hace aún más difícil prever con exactitud los

cambios que dichas tecnologías pueden ocasionar en el tejido social en el cual se introduzcan y desarrollen.

Es decir, las incertidumbres acerca de los efectos que las nanotecnologías puedan acarrear corren paralelas a las incertidumbres acerca de cómo controlarlas y gestionarlas.⁵ ¿Quiénes pueden ser capaces de definir los peligros “ciertos” de las nanotecnologías? ¿Quiénes serían los responsables de prevenir los peligros de las nanotecnologías? ¿Quiénes decidirían cual es el riesgo y qué es un nivel de riesgo aceptable? ¿Cómo se deberían gobernar esos riesgos? Mientras existen regulaciones y estándares de seguridad para algunos sectores tecnológicos (Moles, 2011), la mayoría de estas regulaciones son difícilmente trasladables al contexto que imponen las tecnologías emergentes. Volviendo al caso de las nanotecnologías, su carácter multidisciplinar las sitúa ante el peligro de caer en claros vacíos regulatorios.⁶ ¿Cómo regular una tecnología tan incierta en sus usos y aplicaciones como heterogénea en sus raíces disciplinares? ¿A quién podemos atribuir esta capacidad regulatoria?

No es objetivo de este artículo dirimir esta discusión. Nos limitamos a poner de manifiesto que las tecnologías emergentes en general, y las nanotecnologías en particular, deben afrontar la tensión derivada de promover: por un lado, innovaciones científico-tecnológicas de gran impacto económico y estratégico; y por el otro, integrar las demandas de un público resistente hoy a aceptar pasivamente las consecuencias socio técnicas de aquellas tecnologías (Bosso, 2010). Una toma de decisiones bajo estas circunstancias debe ampliar el conocimiento de los peligros y prevenirlos a la vez que extender los mecanismos mediante los cuales puedan ser gobernados los riesgos.

En este contexto, si el análisis de peligros y la posterior implantación de estrategias de prevención para su control van de la mano del quehacer acumulativo científico, es necesario desarrollar modelos de gobernanza (que no de prevención) de riesgos que nos ayuden a englobar en un mismo proceso holístico todas las dimensiones que caracterizan su “construcción”. Atendiendo a esta naturaleza multidimensional del riesgo, podemos atrevernos a insinuar un modelo de gobernanza que anticipe escenarios para introducir las tecnologías emergentes en el tejido social.

5. Las incertidumbres a las que hacemos referencia en este texto no sólo indican incertidumbres “científicas” sobre la existencia de potenciales riesgos, sino también las incertidumbres sociales, económicas, políticas y éticas que trae consigo el desarrollo tecnológico. En este sentido, la certidumbre científica sobre la “inocuidad” de una actividad tecnológica no tiene por qué traducirse en una clara aceptación social (por ejemplo, el caso de la selección de embriones o la biorrobótica).

6. Incluso, aún encajando en algunas regulaciones, éstas podrían no tener sentido. ¿Es lo mismo, por ejemplo, desde un punto de vista regulatorio, usar dióxido de titanio para las cremas solares que usar nanopartículas de dióxido de titanio?

Pasado, presente y futuro: de la participación y la gobernanza del riesgo a la gobernanza anticipatoria

Los desafíos que se presentan con el desarrollo y la implementación de tecnologías emergentes como las nanotecnologías crean la necesidad de desarrollar nuevos modelos de gestión que den una respuesta más adecuada a los cambios que aquellas generan en nuestro entorno. De manera sucinta, hasta hoy, los conflictos entre actores en el seno de la gestión de los riesgos en entornos tecnológicos complejos se sitúan, en sentido general, en un contexto correspondiente tanto a la evolución de la regulación como a la evolución de la participación social en los procesos de toma de decisiones así como el derecho a la información. Sirva como ilustración los conflictos originados alrededor de la energía nuclear, donde la apuesta por un modelo de gestión de riesgos claramente participativo puso de manifiesto la urgente necesidad de poner en circulación la información fuera de los círculos especializados generando de este modo una mayor transparencia y apertura del proceso (López Cerezo y Luján, 2000). Si en este estadio los riesgos presentaron un nivel de complejidad que fue disminuyendo a la par que se perfeccionaban las evaluaciones probabilísticas de los mismos, no sucedió lo mismo con la aparición de tecnologías más recientes como la telefonía móvil, los organismos genéticamente modificados y la ingeniería genética, donde no sólo no fue ni es posible un cálculo de probabilidades, sino que además se incrementa la percepción de los potenciales riesgos asociadas a esas nuevas tecnologías.

En este contexto toma forma y consistencia la noción de gobernanza de riesgos ahondando en la idea de agrupar los intereses y los objetivos tanto científicos como políticos, económicos y de la sociedad civil en general, con el objetivo de consensuar las bases para una gestión democrática de aquellos.

267

Tomando como punto de partida un sentido más tradicional del concepto de gobernanza, en el ámbito de las tecnologías anteriormente citadas se reelabora dicho significado acentuando más la naturaleza inclusiva de los procesos de gobernanza en la medida en que se busca fomentar la integración tanto de los conocimientos de los expertos como los valores (percepciones) de los actores (no expertos) realmente capaces de contribuir al conocimiento global de los procesos de decisión (Renn, 2008).⁷ En este sentido, la gobernanza de riesgos considera que los procesos de elaboración y toma de decisiones son procesos inclusivos (quién, qué y cómo se incluyen la diversidad de valores y conocimientos) y, por ende, de exclusión (quién, qué queda fuera y por qué). Este modelo, presente aún en nuestras sociedades, presupone cambios sustanciales respecto al primer modelo: voluntad de cambio y una ciudadanía más y mejor informada con la ayuda de distintas metodologías que fomentan la interacción entre los distintos actores en juego.

7. La gobernanza se entiende como un proceso configurado por una multiplicidad de reglas formales e informales que establecen las normas del juego entre los distintos actores (y niveles) que intervienen en el proceso de toma de decisiones (instituciones, mecanismos y procesos). Desde esta perspectiva, la gobernanza es vista como el resultado "político" de una "red de gobernanza" que vinculan los actores y sus interdependencias para lograr decisiones basadas en la negociación, en la transparencia del proceso de toma de decisiones y en la construcción de consensos.

De este modo, podríamos concluir que los riesgos en el modelo participativo son vistos y tratados como “probabilidades” mientras que el modelo de gobernanza los asumiría también en tanto que “percepciones”. Ahora bien, ¿cómo definiríamos los riesgos asociados a las tecnologías emergentes -las nanotecnologías, para continuar con nuestro ejemplo- en la medida en que, como comentábamos con anterioridad, restarían aún por determinar sus peligros? Frente a este escenario de “incertidumbres” los modelos anteriores verían claramente limitadas sus funciones al no poder establecer con exactitud qué peligros prevenir y/o qué riesgos gobernar.

Esto nos obligaría a repensar y reelaborar un nuevo modelo basado no ya (o mejor, no sólo) en la participación (¿en qué?) o en la búsqueda de consenso (¿qué?) sino en la anticipación de sucesos futuros, es decir: una nueva aproximación que permita obtener información para así anticiparnos a posibles escenarios futuros. Lo que podríamos denominar gobernanza anticipatoria (Barben et al, 2008: 979-1000). Para este nuevo modelo de gestión de las incertidumbres resultaría clave la aplicación de herramientas consistentes en técnicas de prospectiva (cómo y por qué) e inteligencia (qué) -“business intelligence” e inteligencia competitiva- con el objetivo de desentrañar los mecanismos que propician el advenimiento de determinados sucesos en detrimento de otros.⁸⁹ Debe prestarse atención al estudio y comprensión de cómo sucederá este futuro y por qué.

Como decíamos, la caracterización general de la gobernanza de riesgos en el contexto de las tecnologías emergentes, para los propósitos del presente artículo contendría algunos déficits (Renn y Rocco, 2006b). Sin embargo, también es cierto que algunos de sus elementos nos pueden servir de orientación para desarrollar un modelo de gestión de las incertidumbres basado en dicha gobernanza anticipatoria.

El objetivo de este último apartado es describir brevemente qué elementos caracterizarían este modelo de gobernanza anticipatoria que se fundamentaría, por un lado y en términos generales, en la integración de las distintas capacidades dispersas en lo social y donde la interacción de una variedad de inputs nos ayude a gestionar las tecnologías basadas en el conocimiento (Guston, 2011). Por el otro, señalar qué métodos hoy existentes podría ayudar en esta compleja tarea de descripción de hechos o sucesos futuros así como su proceso de evolución con el objetivo de servir para una correcta toma de decisiones en el futuro.

Como venimos insistiendo, uno de los principales retos a los que hoy se enfrentan las sociedades tecnológicamente más avanzadas tiene que ver con las incertidumbres asociadas tanto a la aplicación del desarrollo tecnológico como al impacto económico, social y ético de ese desarrollo. Se trata de un problema crucial: mientras se constata un incremento de esas incertidumbres, se va ampliando la

8. La prospectiva permite buscar información y trazar la conexión entre datos dispersos analizando también los posibles efectos de cada línea de acción. Es decir, “rellena huecos de esas áreas de incertidumbre para que podamos tomar decisiones fundamentales sobre temas de futuro gracias a un mejor conocimiento de las consecuencias de esas decisiones” (Serra, 2008: 211-222).

9. El concepto de prospectiva, en tanto denominador común, englobaría las actividades de investigación sobre el futuro. En inglés se conocen como “*future studies*” (“*foresight*” en terminología más reciente).

percepción de posibles daños en aquellas dimensiones. Esta sensación se incrementa y se hace más intensa ante importantes decisiones que deben ser tomadas y frente a las cuales la experiencia, los criterios y marcos de referencia anteriores ya no sirven. Sin embargo, la toma de decisiones no espera y, sin tomar la altura del vuelo de Ícaro, algo debe hacerse.¹⁰

Como explicábamos con anterioridad, el concepto de gobernanza hace referencia, normalmente, a un movimiento que va desde un enfoque de gobierno de arriba abajo hacia una aproximación donde se hace posible una gestión por parte de los individuos y las instituciones sin una autoritaria y compartimentalizada regulación dirigida desde arriba. En el caso que nos ocupa, entre los extremos de la adaptación a una próxima e inminente revolución de las tecnologías emergentes y el de detener su desarrollo existen una serie de opciones de gobierno: licencias, responsabilidad civil, seguros, indemnizaciones, pruebas, regulación, autorregulación, etiquetaje, modulación de diseños y prácticas de investigación.

El término de gobernanza anticipatoria tiene aún un recorrido académico inexistente, tanto por su reciente aparición como por las limitadas tendencias en sus ámbitos de aplicación: originariamente en los estudios ambientales y de la administración y gestión pública, hasta los actuales sobre tecnologías emergentes (Karinen y Guston, 2010). De acuerdo con la visión ofrecida por estos autores, y a tenor del contexto emergente que las nanotecnologías ejemplifican, la gobernanza anticipatoria nos sugeriría la posibilidad de preguntarnos sobre qué forma de gobernanza se podría efectivamente desarrollar si los aspectos técnicos y sociales fueran debatidos de una manera conjunta, sistemática e integrada.

269

La gobernanza anticipatoria constaría pues de la capacidad de una variedad de “stakeholders” tanto expertos como no especializados, tanto individualmente como mediante una serie de mecanismos de participación, para imaginar colectivamente, criticar y por lo tanto compartir la problemática que presentarían determinadas “derivadas” tecnológicas, evitando así la materialización de ciertas formas de rechazo, oposición y moratoria. Este modelo de gestión de riesgos basado en la anticipación perseguiría reforzar el modelo de gobernanza anterior, si bien acentuando dos cuestiones fundamentales: a) la aceptación política que denotaría las estrategias y prácticas políticas relacionadas con la influencia de la aceptación pública así, como la elección de mecanismos para su gobernanza; y b) ajustar las interrelaciones de los científicos expertos con los gobiernos y empresas, por un lado, y la sociedad civil, por el otro, en cada fase del proceso.¹¹

10. A este contexto descrito debe añadirse el clima de tensión entre las distintas agencias (ciencia, gobierno, empresas y sociedad civil) afectadas por las decisiones tomadas en asuntos de ciencia y tecnología así como la brecha de desconfianza que se abre entre el público y las instituciones a cargo de la seguridad.

11. Fisher, Mitcham y Mahajan proponen un modelo de los procesos de gobernanza de la ciencia y tecnología basado en lo que denominan “corrientes” (*stream*) y en el que distinguen tres estadios: superior (*upstream*), medio (*midstream*) e inferior (*dowstream*). Cada uno de estos estadios está dotado de un contenido relevante para sus propósitos: el primero corresponde a la decisión de desarrollo tecnológico, el segundo corresponde a la investigación propiamente dicha, el tercero corresponde a la visualización y cristalización de intereses en relación a las tecnologías. Cada una de estas fases va acompañada, además, de un nivel de información y decisión determinado (Calleja López, 2009: 157-165).

El otro elemento que anunciábamos como imprescindible para el desarrollo de este nuevo modelo anticipatorio de gestión de las incertidumbres está relacionado con las herramientas y técnicas hoy disponibles para la construcción de escenarios futuros (Bishop, Hines y Collins, 2007: 5-25). Dichos escenarios se definen en tanto descripciones de hechos o sucesos futuros con el objetivo de conocer las distintas alternativas en juego, así como también la evolución o el desarrollo de sus procesos intrínsecos. Para ello disponemos de gran cantidad de técnicas provenientes tanto de la prospectiva como de la inteligencia que permiten realizar un “vuelo” cualitativamente más seguro que los anteriores, o quizás, al menos, cuantitativamente más preciso. De este modo, a partir de los factores sobre los cuales se quiere incidir (aceptación social, negociación político-científica y consenso social) las técnicas a aplicar para la construcción de escenarios variarán. Siendo la reducción de la incertidumbre y la complejidad los dos factores objeto de estas técnicas, su encuadre en procesos de percepción y construcción de riesgo, de generación de ventajas competitivas, del ejercicio del poder de influencia y de la defensa de los propios intereses, hace del modelo anticipatorio o de gobernanza anticipatoria, hoy por hoy uno de los más prometedores y audaces. Para ello la imaginación, como señaló Einstein, es fundamental: “La imaginación es más importante que el conocimiento. Mientras que el conocimiento define aquello que ya sabemos e entendemos, la imaginación señala todo lo que aún podríamos descubrir y crear”.

Conclusiones

270

Dada la creciente complejidad que el desarrollo científico y tecnológico ha impuesto a nuestras sociedades y el dominio de las incertidumbres sobre los efectos de aquel desarrollo, el presente artículo plantea la necesidad de repensar las nociones de riesgo y peligro aplicadas hoy al contexto post-normal de las tecnologías emergentes. Para dicha revisión es necesario generar un nuevo marco interpretativo que permita distinguir, por una parte, peligro y prevención, y por otra, riesgo y gobernanza. Si bien la primera pareja de conceptos se constituye a partir de anticipaciones mentales de daños que, por sí mismas son identificables, mensurables, cuantificables y, por ello, gestionables, la segunda -riesgo y gobernanza- da cuenta de la dimensión constructivista de los riesgos en la medida en que los distintos intereses en juego y la heterogénea naturaleza de los actores que concurren a dicha labor sitúan los riesgos en los ámbitos de las probabilidades, las percepciones y las incertidumbres. Las interdependencias resultantes de aquella combinatoria unida a contextos regulatorios, sociales y políticos diversos, elevan los riesgos a categorías de difícil control y monitorización.

Los potenciales riesgos y los desconocidos peligros que puedan generarse en el ámbito de las nanotecnologías nos sitúan en una doble tesitura: por un lado, la inadecuación de los modelos de prevención de peligros y de gobernanza de riesgos propios de estadios tecnológicos anteriores; y, por el otro, la necesidad de elaborar un nuevo modelo de gestión de riesgos para las tecnologías emergentes que, basándose en la filosofía del modelo de la gobernanza de riesgos, incluya la anticipación como factor fundamental sobre el que pivotar el desarrollo de escenarios futuros. Esta

fórmula de la anticipación permite abrir el debate socio técnico a propósito de las trayectorias tecnológicas, su desarrollo y su presente-futuro.

Para aprender del futuro, antes debemos imaginarlo. Las técnicas de prospectiva y las herramientas de inteligencia nos abren un abanico de posibilidades sobre las cuales decidir qué trayectoria seguir, en palabras de Stephen Hawking, “mirando hacia las estrellas, no hacia nuestros pies”, intentando encontrar sentidos a lo que vemos y preguntándonos por aquello que hace que algo exista o pueda existir. Simple curiosidad.

Bibliografía

BARBEN, D. et al (2008): “Anticipatory Governance of Nanotechnology: Foresight, Engagement and Integration”, en E. J. Hackett, O., Amsterdamska, M., Lynch, y J., Wajcman (eds.): *The Handbook of Science and Technology Studies, Cambridge y Londres*, MIT Press y Society for Social Studies of Science, pp. 979-1000.

BERNSTEIN, P. L. (1996): *Against the Gods: The Remarkable Story of Risk*, John Wiley & Sons.

BISHOP, P., HINES, A. y COLLINS, T. (2007): “The current state of scenario development: an overview of techniques”, *Foresight*, vol. 9, nº1, pp. 5-25.

BOSSO, C. J. (2010): *Governing Uncertainty. Environmental regulation in the age of Nanotechnology*, Eartscan.

BOURG, D. y SCHLEGEL, J. L. (2001): *Parer aux risque de demain. Le principe de précaution*, París, Seuil.

CALLEJA LÓPEZ, A. (2009): “Ciencia, tecnología e integración social: el proyecto STIR (Sociotechnical Integration Research)”, *Argumentos de razón técnica*, vol. 12, pp. 157-165.

ELÍAS, N. (1990): *Compromiso y distanciamiento. Ensayos de sociología del conocimiento*, Barcelona, Península.

FUNTOWICZ, S. y RAVETZ, J. R. (1992): “The Emergence of Post-Normal Science”, en R. von Schomberg (ed.): *Science, Politics and Morality*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 85-123.

GUSTON, H. D. (2011): *Anticipatory Governance: A Strategic Vision for Buiding Reflexivity into Emerging Technologies*, Tempe, AZ. Disponible en: www.cspo.org/library/year/?action=getfile&file=404§ion=lib.

KARINEN, R. y GUSTON, D. H. (2010): "Toward Anticipatory Governance: The Experience with Nanotechnology", en M. Kaiser et al (eds.): *Governing Future Technologies. Nanotechnology and the Rise of Assessment Regime*, Dordrecht, Springer, pp. 217-232.

LÓPEZ CERREZO, J. A. y LUJÁN, J. L. (2000): *Ciencia y política del riesgo*, Madrid, Alianza Editorial.

MOLAK VLASTA (1997): *Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management*, New York, Lewis Publishers.

MOLES PLAZA, R. J. (2001): *Derecho y Calidad. El régimen jurídico de la normalización técnica*, Barcelona, Ariel.

MOLES PLAZA, R. J. (2004): *Derecho y Control de Internet. La regulabilidad de Internet*, Barcelona, Ariel.

NIETZSCHE, F. (2007): *Así habló Zaratustra*, Madrid, Alianza Editorial.

RENN, O. (2008): *Risk Governance: Coping with Uncertainty in a Complex World*. London: Earthscan Publications Ltd.

RENN, O. y ROCCO, M. C. (2006b): *White paper on nanotechnology risk governance*, white paper 2, Geneva, International Risk Governance Council. Disponible en: www.irgc.org.

SERRA, J. (2008): "La prospectiva y la investigación del futuro", *Inteligencia y Seguridad: Revista de análisis y prospectiva*, vol. 4, pp. 211-222.

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

CS

La ciencia ante el público. Dimensiones epistémicas y culturales de la comprensión pública de la ciencia

Carina Cortassa

Buenos Aires, Eudeba, 2012, 256 páginas

Por **Gabriela Neffa** *

Celebramos la presentación de esta obra, fruto del trabajo de investigación de la Dra. Carina Cortassa, que aporta aires nuevos y autóctonos a la discusión académica en el campo de los estudios CTS y, en particular, en el área de la Comunicación Pública de la Ciencia.

El análisis se estructura de manera clara y en función de un interrogante principal: ¿es posible que científicos y públicos (expertos y legos, en nuestra jerga) puedan efectivamente comunicar desde una postura inteligente? Esto es, que ambas partes puedan en concreto conversar, discutir e interactuar en torno a una temática científica, sin morir en el intento.

275

En este sentido, la autora nos convida a pensar la problemática desde el reconocimiento de la heterogeneidad de ambas partes, constitutivas de la relación, en función de una doble asimetría. En primer lugar, atendiendo a la asimetría cognitiva o epistémica, que marca diferencias en las capacidades para manejar la información de la temática científica en cuestión (mucho mayor en el caso del experto, claro está). Y por otro lado, considerando también una asimetría simbólica o cultural que nos remite a las diferentes concepciones de la ciencia que rigen para cada parte y que se manifiestan de manera actitudinal en los vínculos que se establecen entre los diferentes agentes de la relación.

La primera parte de la obra trata el marco epistemológico y conceptual mediante las contribuciones de ciertas corrientes de la epistemología social y de la teoría de las representaciones sociales. Se destaca en el primer capítulo el aporte a la discusión teórica sobre los dos grandes modelos analíticos que imperan en el campo disciplinar, mostrando de qué manera el tradicional modelo alfabetizador, o de déficit, sigue

* Investigadora en formación del Centro Redes, docente de la Maestría en Comunicación de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Argentina, y doctoranda de la Universidad de Buenos Aires (UBA).

“campeando” en el horizonte de las prácticas comunicacionales, y desafiando las contrapropuestas de corte etnográfico-contextual que han cobrado impulso en los últimos años.¹

La segunda parte presenta los resultados de un estudio empírico que convocó a una nutrida cantidad de expertos, periodistas de ciencia y representantes del público a manifestarse sobre la interacción ciencia-sociedad. Este respaldo permitió ahondar en el análisis de los mecanismos que obran en la adjudicación de credibilidad a los expertos, y en qué condiciones esta confianza puede verse fortalecida o, por el contrario, disminuir hasta desaparecer.

Por último, podemos concluir que esta obra contribuye a la reflexión en el campo de la comunicación pública de la ciencia y aporta elementos para el análisis de una problemática que encontramos repetidamente en la mayoría de los países: cómo lograr una interacción real y sustentable entre científicos y ciudadanos. Lo más destacable sea tal vez que este aporte se realiza a partir de la producción de un marco teórico local, que nos brinda un conjunto de categorías específicas de nuestro contexto social, en tanto país latinoamericano, y de la realidad argentina en particular.

1. Véase el foro debate “El déficit cognitivo es el Cid Campeador”, por Carina Cortassa, publicado en el sitio web de Revista CTS (www.revistacts.net) el 25 de abril de 2011.

RECEPCIÓN DE COLABORACIONES

- a. El trabajo deberá ser presentado en formato electrónico, indicando a qué sección estaría destinado.
- b. Los textos deben ser remitidos en formato de hoja A4, fuente Arial, cuerpo 12. La extensión total de los trabajos destinados a las secciones de Dossier y Artículos no podrá superar las 20.000 palabras. Para los trabajos destinados a la sección Foro CTS, la extensión no deberá ser mayor a 4.000 palabras. En el caso de los textos para la sección Reseñas bibliográficas, la longitud no podrá ser superior a 2.000 palabras.
- c. El trabajo debe incluir un resumen en su idioma de origen y en inglés, de no más de 200 palabras. Asimismo, deben incluirse hasta 4 palabras clave.
- d. En caso de que el trabajo incluya gráficos, cuadros o imágenes, éstos deben ser numerados y enviados en archivos adjuntos. En el texto se debe indicar claramente la ubicación que debe darse a estos materiales.
- e. Las notas aclaratorias deben ser incluidas al pie de página, siendo numeradas correlativamente.
- f. Las referencias bibliográficas en el cuerpo del texto solamente incluirán nombre y apellido del autor, año de publicación y número de página.
- g. La bibliografía completa debe ordenarse alfabéticamente al final del texto, con el siguiente criterio: 1) apellido (mayúscula) y nombre del autor; 2) año de publicación, entre paréntesis; 3) título de la obra (en bastardilla en caso de que se trate de un libro o manual, y entre comillas si se trata de artículos en libros o revistas. En este caso, el nombre del libro o la revista irá en bastardilla); 4) editorial; 5) ciudad; y 6) número de página.
- h. Los datos del autor deben incluir su nombre y apellido, título académico, institución en la cual se desempeña y cargo, país y correo electrónico.
- i. La Secretaría Editorial puede solicitar al autor la revisión de cualquier aspecto del artículo que no se ajuste a estas disposiciones, como paso previo a su remisión al comité evaluador.

j. Los trabajos serán evaluados por un comité de pares evaluadores que dictaminará sobre la calidad, pertinencia y originalidad del material. Las evaluaciones podrán ser de tres tipos: a) Aprobado para su publicación; b) No apto para su publicación; y c) Aprobado condicional. Este último caso implica que los pares evaluadores consideran que el material podría ser objeto de publicación si se le realizan determinadas correcciones contempladas en el Informe. El autor podrá aceptar -o no- dicha sugerencia, aunque el rechazo de la misma implicaría la negativa a publicar el material. En caso de que el autor acepte revisar el material según los criterios indicados, éste se sometería nuevamente a una revisión por pares.

k. La Secretaría Editorial notificará al autor los resultados del proceso de evaluación correspondientes.

Los trabajos deben ser enviados a secretaria@revistacts.net

Suscripción anual

Solicito por este medio la suscripción anual (3 números) a la Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS.

Datos del suscriptor

Nombre y Apellido: _____

Institución: _____

Dirección: _____

Código Postal: _____ Ciudad: _____

País: _____

Teléfono: _____ Fax: _____

Correo electrónico: _____

Forma de pago (marque con una X):

Depósito

Giro postal dirigido a nombre de la Asociación Civil Grupo Redes

279

Para suscripciones desde Argentina

Redes. Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior

Datos de la cuenta:

Banco: Santander Río, sucursal 421

Número de cuenta: 421- 000000215

CBU: 0720421420000000002154

Titular: Centro REDES

Referencia: [incluir el nombre del suscriptor o comprador]

Enviar esta ficha a:

Redes. Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y
Educación Superior

Mansilla 2698, piso 2

C1425BPD Buenos Aires, Argentina

Teléfono y fax: (54 11) 4963 7878 / 4963 8811

Correo electrónico: secretaria@revistacts.net

Precio anual de suscripción: \$ 60

Gasto anual de envío: \$ 12

corte y envíe

Para suscripciones desde el resto de América y España

Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)

Datos de la cuenta:

Titular: Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)
 Referencia: Revista CTS
 Banco: La Caixa, oficina 2957 (Mota del Cuervo 31, 28043 Madrid, España)
 Cuenta: 2100 2957 01 0200025339

Enviar esta ficha a:

Publicaciones de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)
 Bravo Murillo 38
 28015 Madrid, España
 Teléfono: (34) 91 594 43 82
 Fax: (34) 91 594 32 86

Precio anual de suscripción individual: € 25 / U\$S 30

Precio anual de suscripción institucional: € 40 / U\$S 47

Gasto anual de envío: España € 9 / Resto de América U\$S 57

280

Para suscripciones desde España y resto de Europa

Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología. Universidad de Salamanca

Datos de la cuenta:

Titular: Fundación General de la Universidad de Salamanca.
 Referencia: Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología
 Banco: Santander Central Hispano
 IBAN: ES08 0049 1843 4621 1018 6226
 SWIFT: BSCHEMM

Enviar esta ficha a:

Instituto ECYT - Universidad de Salamanca
 Proyecto Novatores
 Colegio de Oviedo. C/ Alfonso X, s/n
 Campus Miguel de Unamuno
 37007 Salamanca (España)
 Teléfono: (34) 923 29 48 34
 Fax: (34) 923 29 48 35

Precio anual de suscripción individual: € 25

Precio anual de suscripción institucional: € 40

Gasto anual de envío: España € 9 / Resto de Europa € 27



Solicitud por número

Solicito por este medio el envío de los siguientes números de la Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS:

Número:
Ejemplares (cantidad):

Número:
Ejemplares (cantidad):

Número:
Ejemplares (cantidad):

Datos del solicitante

Nombre y Apellido: _____

Institución: _____

Dirección: _____

Código Postal: _____ Ciudad: _____

País: _____

Teléfono: _____ Fax: _____

Correo electrónico: _____

Forma de pago (marque con una X):

Depósito

Giro postal dirigido a nombre de la Asociación Civil Grupo Redes

Para suscripciones desde Argentina

Redes. Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior

Datos de la cuenta:

Banco: Santander Río, sucursal 421

Número de cuenta: 421- 00000215

CBU: 072042142000000002154

Titular: Centro REDES

Referencia: [incluir el nombre del suscriptor o comprador]

Enviar esta ficha a:

Redes. Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y
Educación Superior
Mansilla 2698, piso 2
C1425BPD Buenos Aires, Argentina
Teléfono y fax: (54 11) 4963 7878 / 4963 8811
Correo electrónico: secretaria@revistacts.net

Precio por ejemplar: \$ 25

Gastos de envío (por ejemplar): \$ 4

Para solicitudes desde el resto de América y España

Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)

Datos de la cuenta:

Titular: Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)
Banco: La Caixa, oficina 2957 (Mota del Cuervo 31, 28043
Madrid, España)
Cuenta: 2100 2957 01 0200025339

Enviar esta ficha a:

Publicaciones de la Organización de Estados
Iberoamericanos (OEI)
Bravo Murillo 38
28015 Madrid, España
Teléfono: (34) 91 594 43 82
Fax: (34) 91 594 32 86

282

Precio por ejemplar: € 10 / U\$S 12

Gastos de envío (por ejemplar): España € 3 / Resto de América U\$S 19

Para solicitudes desde España y resto de Europa

Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología. Universidad de Salamanca

Datos de la cuenta:

Titular: Fundación General de la Universidad de Salamanca.
Referencia: Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología
Banco: Santander Central Hispano
IBAN: ES08 0049 1843 4621 1018 6226
SWIFT: BSCHEM33

Enviar esta ficha a:

Instituto ECYT - Universidad de Salamanca
Proyecto Novatores
Colegio de Oviedo. C/ Alfonso X, s/n
Campus Miguel de Unamuno
37007 Salamanca (España)
Teléfono: (34) 923 29 48 34
Fax: (34) 923 29 48 35

Precio por ejemplar: €10

Gastos de envío (por ejemplar): España € 3 / Resto de Europa € 9

Solicitud de compra de ejemplares o suscripciones desde Argentina con tarjeta de crédito Mastercard

Datos personales

Apellido: _____

Nombre completo: _____

Institución: _____

Dirección: _____

Código Postal: _____ Ciudad: _____

Dirección para envíos postales (*): _____

Código Postal: _____ Ciudad: _____

(*) Completar únicamente si es diferente a la otra dirección

Teléfono de contacto: _____ Fax: _____

Correo electrónico: _____

Datos de la tarjeta Mastercard

Nº de tarjeta: _____

Fecha de emisión: ____ / ____ Fecha de vencimiento: ____ / ____

283

Solicito que se debite de mi tarjeta de crédito MASTERCARD N° _____, fecha de emisión ____ / ____, fecha de vencimiento ____ / ____, la suma correspondiente a (marcar con una cruz):

1 ejemplar de la Revista CTS (\$ 29) [incluye envío postal]

1 suscripción anual a la Revista CTS (\$ 72) [incluye envío postal]

1 ejemplar de la Revista CTS (\$ 25) [NO incluye envío postal] (**)

1 suscripción anual a la Revista CTS (\$ 60) [NO incluye envío postal] (**)

(**) Retiro el/los ejemplar/es personalmente en la Secretaría Editorial de la Revista (ver dirección al pie de este formulario)

Firma: _____

Aclaración: _____

Enviar esta solicitud únicamente por fax o correo postal a:

Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS

Secretaría Editorial

Redes. Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior

Mansilla 2698, piso 2 _ C1425BPD Buenos Aires, Argentina

Fax: (54 11) 4963 7878 / 4963 8811

Se terminó de imprimir
en
Buenos Aires, Argentina
en Agosto de 2012