

## 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 <sup>1</sup>

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.<sup>2</sup> 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.<sup>3</sup> 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](http://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 <sup>4</sup>

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.<sup>5</sup> 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.<sup>6</sup>

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](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.

<p>7 de diciembre de 2010</p>	<p>Presentación de un posible proyecto de ámbito europeo para aglutinar a diversos grupos de investigadores alrededor del tema de los materiales para la sostenibilidad.</p>	<p>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.</p>	<p>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.</p>
<p>enero - junio de 2011</p>	<p>Convenio para la financiación de la gestión de NANOMAC.  Clasificación de la lista de interesados en participar en NANOMAC: Elaboración de las fichas de datos de los grupos de investigación que forman NANOMAC. Promoción de NANOMAC en distintos foros.</p>	<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.</p>	
<p>septiembre de 2011</p>	<p>Preparación de las Primeras Jornadas NANOMAC.</p>	<p>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.</p>	<p>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	PRIMERAS JORNADAS NANOMAC (con un año de retraso con respecto a lo previsto).	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.	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.
19 octubre de 2011	Reunión con GRISON para elaborar un guión para las reuniones temáticas de los grupos de investigación.	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 multidisciplinaria que caracteriza a NANOMAC. Se pretende que ellos lo proyecten en sus respectivas reuniones de grupo.  Aparece el concepto de "negociar el arcoíris" como imagen simbólica de la colaboración multidisciplinaria eficiente y necesaria utilizando la información generada por la "ficha de colores".	Se constata que muchos investigadores, tanto de las ciencias naturales como sociales, no tienen una idea clara de lo que significa el trabajo multidisciplinario 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.

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).

257

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 CERREZO, 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.