

Esta es una versión borrador. La versión final puede encontrarse en: *Anticipación e innovación responsable: la construcción de futuros alternativos para la ciencia y la tecnología* (pp. 61-96), editado por Hannot Rodríguez, Sergio Urueña, Andoni Eizagirre y Oier Imaz. Madrid y Barcelona: Biblioteca Nueva. ISBN: 978-84-17893-24-8.

La seguridad en tiempos de innovación responsable: hacia una propuesta de «riesgo anticipatorio»

Hannot Rodríguez

University of the Basque Country UPV/EHU. E-mail: hannot.rodriguez@ehu.eus

Sergio Urueña

University of the Basque Country UPV/EHU. E-mail: sergio.uruena@ehu.eus

Introducción

El análisis del riesgo de los desarrollos de la tecno-industria ha adoptado tradicionalmente la forma de un proceso lineal según el cual la ciencia evalúa los riesgos, los políticos los gestionan y la ciudadanía es informada acerca de los dos pasos anteriores y sus evidencias y razones. Ese esquema ha derivado parcialmente hacia formas más participativas aunque tendentes a demarcar nítidamente los aspectos científicos y sociales. El riesgo parece tener, así, un sentido ambivalente: representa un tipo de problema (técnico) en nombre del cual es legítimo cuestionar (hasta cierto punto, al menos) el progreso tecno-industrial, al mismo tiempo que actúa a modo de límite objetivo en función del cual determinadas representaciones del riesgo son excluidas y el desarrollismo normalizado.

Recientemente, la política científica de la Unión Europea (UE) ha radicalizado su narrativa sobre innovación responsable a través de la propuesta RRI (*Responsible Research and Innovation*), la cual demanda la inclusión de todo tipo de consideraciones y actores/as a lo largo de todo el proceso de innovación. El alcance y significado del riesgo y su análisis en este contexto RRI devienen en cuestiones un tanto ambiguas. Su elucidación requiere de una investigación en detalle del modo en que los riesgos son analizados y regulados en el seno del sistema de innovación europeo, el cual parece asumir que el progreso tecno-industrial es compatible por principio con otro tipo de hitos sociales, ecológicos y sanitarios, representativos todos ellos (en su armonía) del horizonte normativo europeo.

El objetivo del presente trabajo es investigar precisamente el significado y alcance del análisis del riesgo —y, por ende, el de la seguridad— en el contexto de las más recientes narrativas y políticas europeas en torno a la promoción de dinámicas responsables de investigación e innovación científico-tecnológica tipo RRI, así como explorar el rol que, en el marco de esas dinámicas, cabría otorgarle a la anticipación en tanto herramienta orientada a iluminar modos alternativos de concebir y abordar los fenómenos sociotécnicos, centrándonos en este caso en el fenómeno de la seguridad del desarrollo científico-tecnológico.

Para ello, y más concretamente, el capítulo se ha organizado como sigue: tras esta introducción, se presenta una breve contextualización del lugar que ocupa el análisis del

riesgo científico-tecnológico en nuestras sociedades del conocimiento, subrayando la complejidad sociotécnica que esta actividad entraña en relación a la gobernanza del desarrollo tecno-industrial (sección 1). Seguidamente, se defenderá la pertinencia de mantener la tesis de que bajo el marco RRI primaría una concepción del riesgo de tipo «objetivista» (o «limitante»), en función de la cual la cuestión acerca de los riesgos parece posicionarse en un segundo plano a la hora de concebir la responsabilidad en términos radicalmente político-constructivos (como señalarían algunas de las características del enfoque institucional europeo sobre los riesgos de la nanotecnología) (sección 2). A continuación (sección 3), describiremos el potencial disruptivo de determinada noción de anticipación y su relación con el riesgo para, a partir de ahí, proponer una concepción alternativa del riesgo de naturaleza constitutivamente «heterogénea» (o «habilitante») capaz de articular o acoger en su seno —en términos radicalmente inclusivos— las cuestiones relativas a la viabilidad y/o deseabilidad de los desarrollos tecno-industriales y, a ese respecto, comprometida con el planteamiento de cuestiones sobre el tipo de futuros sociotécnicos que deseamos y/o estamos dispuestos a co-crear y co-habitar. Denominaremos, en ese sentido, «anticipatoria» a esa concepción alternativa del riesgo. Finalmente, el capítulo se cerrará con una serie de conclusiones (sección 4).

1. El riesgo científico-tecnológico: un problema debatido y complejo

Los países industrializados consideran que la ciencia y la tecnología son fundamentales para el progreso y el crecimiento económico (Marklund, Vonortas y Wessner, 2009; OECD, 2015). Sin embargo, la ciencia y la tecnología son al mismo tiempo motivo de preocupación en nuestras sociedades. De hecho, lo son precisamente en virtud de su éxito en tanto agentes socialmente privilegiados para conocer y transformar el mundo, lo que conlleva la emergencia sistemática de riesgos tales como los accidentes sociotécnicos (Perrow, 1984; t'Hart, 2013) o los impactos sanitario-ecológicos contaminantes de naturaleza progresiva y acumulativa (Cranor, 2011; Shrader-Frechette, 2007).

Frente a ello, nuestras sociedades han desarrollado y aplicado el análisis del riesgo, herramienta científico-política al servicio de la evaluación y gestión de los riesgos del progreso (López Cerezo y Luján, 2000). Como respuesta a la creciente hostilidad pública hacia el industrialismo acaecida en los años 60 del siglo pasado, alimentada en el seno de la contracultura (Roszak, 1969), los gobiernos instituyeron el análisis del riesgo bajo la asunción de que el progreso tecno-industrial podría ser regulado de manera segura sin renunciar al crecimiento económico y al consumismo (Dickson, 1984, págs. 261-306).

En ese sentido, el riesgo parece mantener una relación ambivalente con la ciencia y la tecnología. Por una parte, representa una dimensión fundamentalmente problemática de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-naturaleza (*e.g.*, Beck, 1998). Por otra parte, denota, bajo su forma institucionalizada, la idea de que las consecuencias negativas del progreso científico-tecnológico pueden preverse y controlarse a través de

conocimiento experto y medidas legislativas, recursos en función de los cuales se construyen y socializan los marcos de riesgo aceptable (Delogu, 2016).

En cualquier caso, parece que el riesgo se ha normalizado en nuestras sociedades como un elemento a través del cual el progreso tecno-industrial puede ser legítimamente (y parcialmente) debatido y cuestionado, y ello en virtud de su adquirido estatus de problema fáctico o técnico, es decir, no-ideológico (Lewis, 2014; Sunstein, 2002; Wagner y Steinzor, 2006). Así, por ejemplo, el entonces Secretario de Agricultura estadounidense Tom Vilsack apelaba en 2014 al carácter de «common language» de la ciencia para lamentarse de las —en su opinión— «non-scientific [trade] barriers» impuestas por la Unión Europea (UE) sobre la importación a su territorio de ciertos bienes de consumo (Vilsack, 2014).

Sin embargo, ese «lenguaje común» de la ciencia acerca de los riesgos del progreso tecno-industrial no es tan común como pudiera parecer, por lo que ese tipo de apelaciones ha demostrado tener un recorrido bastante limitado (Kleinman, Cloud-Hansen y Handelsman, 2014; Vogel, 2012). Por ejemplo, cuando en 1988 la Organización Mundial del Comercio (*World Trade Organization*, WTO), a instancias de los Estados Unidos, falló en contra de la prohibición de la UE de importar carne hormonada (European Parliament, 2012) bajo la consideración de que esa decisión carecía de fundamento científico —«not based on risk assessment» (WTO, 1997, pág. 227)—, la UE optó por no acatar el fallo y seguir manteniendo la prohibición aduciendo ella misma evidencias científicas relativas a una serie de «endocrine, developmental, immunological, neurobiological, immunotoxic, genotoxic and carcinogenic effects» (European Commission, 1999, pág. 6). Si bien la disputa se dio por cerrada oficialmente en 2012 (Škoba, 2013, pág. 2), la controversia en torno a la seguridad se mantuvo irresuelta y la UE consiguió salvar su veto, dado que el acuerdo alcanzado entonces se fraguó de manera exclusiva en términos comerciales, con cada bando reclamando que la ciencia, o los hechos, estaban de su lado (European Parliament, 2012).

Ese conflicto intergubernamental e internacional al que hemos aludido de manera concreta puede interpretarse como la ejemplificación de un amplio conjunto de controversias y debates en torno a la promoción, evaluación y regulación del progreso tecno-industrial y sus riesgos. Esas controversias pueden adoptar varias formas e involucrar a un conjunto heterogéneo de actores/as, tales como políticos/as, científicos/as, agentes industriales o grupos de la sociedad civil (Bauer, 1997; Kearnes, Grove-White, Macnaghten, Wilsdon y Wynne, 2006; Leiss, 2001). Ello no ha implicado —ni debería hacerlo— la asunción por defecto de que toda postura u opinión en cualquier circunstancia sea igualmente válida en términos evidenciales, por ejemplo, ni que el conocimiento científico deje de ocupar un rol fundamental en la constitución de los escenarios sociotécnicos de riesgo (ni tampoco que todas las controversias en torno a los riesgos se limiten a cuestiones acerca de evidencia y realidad y no impliquen, por tanto, otro tipo de consideraciones en torno a su distribución, aceptabilidad, etc.) (Aven y Renn, 2010; Renn, 2008). Lo que señala más bien es que, en tanto fenómeno que legitima el control, la crítica y el debate sobre el progreso tecnológico —lo que al mismo tiempo viene a afectar a los intereses de la industria y de la economía—, la problemática del riesgo no puede expresarse ni abordarse mediante cuestiones simples

(y predominantemente típicas) del tipo «is it dangerous?» (Tomellini, 2003), «is it safe?» (Rycroft, Trump, Poinssatte-Jones y Linkov, 2018, pág. 4).

Esta consideración se ve reforzada en el contexto del valor socioeconómico que se les atribuye a la ciencia y a la tecnología en nuestras «sociedades del conocimiento», actividades categorizadas, a ese respecto, bajo el concepto de «innovación». Por ejemplo, la Comisión Europea (CE) considera que

la investigación y la innovación (I+i) contribuyen a cumplir las prioridades de los ciudadanos, estimulan la productividad y la competitividad de la Unión, son esenciales para mantener nuestro modelo socioeconómico y nuestros valores, y hacen posible hallar soluciones para afrontar los desafíos de manera más sistémica (Comisión Europea, 2018, pág. 1).

El estudio del modo en que se analizan y regulan los riesgos ligados a las dinámicas de innovación debería partir, pues, del reconocimiento del compromiso político que este tipo de narrativas refleja con respecto a las innovaciones tecno-industriales y su relevancia socioeconómica y competitiva (Ravetz, 2003).

Al mismo tiempo, ese estudio de las dinámicas de gobernanza de la seguridad tecno-industrial debería realizarse tomando en consideración también el compromiso más reciente de la política de investigación e innovación europea por promover formas de innovación científico-tecnológica «radicalmente responsables» —en tanto característicamente inclusivas en su formulación— a través de su más reciente enfoque *Responsible Research and Innovation*, o RRI. En ese sentido, se plantea el desafío de la elucidación y valoración del grado en el que el problema de la seguridad ligado a las innovaciones tecnológicas en un contexto de «innovación responsable» de tipo RRI se aborda como un problema con el potencial suficiente como para cuestionar las capacidades y modos de hacer de los análisis y regulaciones de riesgos con respecto a sus prioridades y promesas de seguridad o se aborda, más bien, como una cuestión donde el riesgo se concibe a modo de fenómeno colateral y controlable —*i.e.*, a modo de un «potential impact» (European Commission, 2015)—, susceptible de ser objetivamente representado y, en función de ello, utilizado como «límite factual» de lo legítimamente planteable en relación a la seguridad sociotécnica.

2. El riesgo en el contexto de la innovación responsable: ¿novedad o continuismo?

Tal como ha sido señalado al final de la sección anterior, el fenómeno del riesgo tecno-industrial (es decir, su gobernanza científico-política) requiere ser abordado a la luz de las dinámicas efectivas y específicas propias del sistema de innovación (responsable) más amplio al que pertenece. Esa tarea elucidadora se llevará a cabo, primero, profundizando en la emergencia y significado del más reciente marco de innovación responsable en el seno de la UE, el ya mencionado RRI (sección 2.1). A continuación, se procederá a calibrar el sentido y alcance de la gobernanza del riesgo en el contexto de esa derivación hacia esta forma RRI de concebir un progreso científico-tecnológico responsable (sección 2.2). Finalmente, se ilustrarán algunas de las ideas desarrolladas en

las secciones previas tomando como referencia el enfoque institucional europeo respecto a los riesgos de la nanotecnología (sección 2.3).

2.1. Innovación responsable en la UE: la emergencia y significado de RRI

Como consecuencia sobre todo del fiasco de la biotecnología agroalimentaria (Gaskell, 2008), en la UE a lo largo de los últimos años se ha venido diseñando y aplicando normativas, así como iniciativas de tipo más general, destinadas a promover prácticas de investigación e innovación más responsables, es decir, más precautorias, inclusivas y conscientes de sus implicaciones y dimensiones socio-éticas, y ello con el fin de procurar una mejor alineación entre las trayectorias científico-tecnológicas y los intereses y preocupaciones de la sociedad (Sutcliffe, 2011).

Estos desarrollos también han sido promovidos, hay que decirlo, con el fin de facilitar el establecimiento de unas condiciones más proclives para la aceptación social de determinadas tecnologías e industrias (Todt, 2011). Esto habría que tenerlo en cuenta a la hora de considerar el modo en el que el vigente programa marco para la investigación y desarrollo de la UE, «Horizonte 2020» (2014-2020), dice deberse a un enfoque de innovación responsable RRI (*Responsible Research and Innovation*) donde

all societal actors (researchers, citizens, policy makers, business, third sector organisations, etc.) (...) work together during the whole research and innovation process in order to better align both the process and its outcomes with the values, needs and expectations of European society (European Commission, 2013, pág. 4).¹

Este planteamiento vendría a abordar la innovación como un fenómeno característicamente heterogéneo, o «político» (Eizagirre, Rodríguez e Ibarra, 2017), donde la responsabilidad se entiende a modo de función del grado en que son integrados los valores y conocimientos subyacentes a las dinámicas de innovación. Dicho de otro modo, la responsabilidad viene a identificarse con las capacidades de decidir colectivamente qué tipo de innovaciones queremos como sociedad, lo que al mismo tiempo provoca —en la línea de lo que hemos venido señalando recientemente— el afloramiento de un marcado escepticismo acerca del alcance verdaderamente transformador de este tipo de propuestas en el contexto de los intereses y dinámicas de poder característicos de los sistemas de innovación (e.g., Blok y Lemmens, 2015; Levidow y Neubauer, 2014; Stirling, 2016).

Otra manera de abordar críticamente los planteamientos tipo RRI consiste en señalar no tanto la inviabilidad política de su propuesta sino más bien su carácter

¹ Hay que señalar que, en una tónica similar —y a pesar de que ciertas voces críticas alertan de que no haga referencia a la continuidad del programa tractor del enfoque RRI en *Horizon 2020*, «*Science with and for Society*» (SwafS) (e.g., Mejlgard *et al.*, 2018)—, la propuesta para el siguiente programa, *Horizon Europe* (2021-2027), declara asimismo que «research and innovation are seen by some as distant and elitist without clear benefits for citizens, instilling attitudes that hamper the creation and uptake of innovative solutions, and scepticism about evidence-based public policies. This requires both better linkages between scientists, citizens and policy-makers, and more robust approaches to pooling scientific evidence itself» (European Commission, 2018a, pág. 74).

profundamente ideologizado o «post-moderno», en tanto amenaza a la autonomía y valores de la ciencia (Kuntz, 2012, 2017). Sin embargo, parece legítimo defender que el planteamiento subyacente a la política de investigación e innovación europea (y a otras políticas de condiciones similares a lo largo del mundo) podría implicar en un sentido profundo más bien lo contrario, a saber: un fuerte compromiso con una imagen triunfalista, o radicalmente ilustrada, de la ciencia y la tecnología, en tanto elementos a los que se les reserva la misión de liderar la resolución de grandes desafíos socio-ambientales (*e.g.*, el cambio climático, el envejecimiento poblacional, la movilidad inteligente y sostenible, la eficiencia y la seguridad energéticas). De hecho, el programa «Horizonte 2020» se articula de manera explícita en torno a un conjunto de esos grandes desafíos («Desafíos Sociales», o *Societal Challenges*) en vez de hacerlo a partir de criterios disciplinares (European Commission, 2011, págs. 2-5),² asumiendo de esa manera las recomendaciones realizadas en la Declaración de Lund (*Lund Declaration*)³, del año 2009: «European research must focus on the Grand Challenges of our time moving beyond current rigid thematic approaches» (Lund Declaration, 2009, pág. 40).

Este planteamiento basado en desafíos y las expectativas respecto a la ciencia y la tecnología subyacentes al mismo vendría a reflejar el compromiso del sistema de innovación europeo hacia un marco normativo preestablecido basado en los principios de «Promotion of scientific and technological advance», «Competitive social market economy», «Promotion of social justice», «Sustainable development» y «Quality of life, high level of protection» (von Schomberg, 2013, pág. 58),⁴ y hacia la idea de que los hitos científico-tecnológicos, sociales, económicos y medioambientales-sanitarios a él asociados se pueden satisfacer todos a la vez (ERA Expert Group, 2008, pág. 36). Tal como lo expresa la propia CE, en relación al futuro programa «Horizonte Europa»:

Horizonte Europa supondrá el refuerzo de las bases científicas y tecnológicas de la Unión con el objetivo de hacer frente a los principales desafíos mundiales de nuestro tiempo y contribuir a la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Paralelamente, impulsará la competitividad de la Unión, incluida la de su industria. (...) En un mundo que evoluciona con celeridad, el éxito de Europa depende cada vez más de su capacidad no solo para transformar unos resultados científicos excelentes en innovaciones que traigan consigo beneficios reales para nuestra economía y nuestra calidad de vida, sino también de su capacidad para crear nuevos mercados con más puestos de trabajo cualificados (Comisión Europea, 2018, pág. 1).

En este contexto, el enfoque RRI, llamado *a priori* a provocar una profunda disrupción del sistema de innovación al reclamar la inclusión en las dinámicas de investigación e innovación de agentes en principio ajenos a esas dinámicas, se concibe más bien como

² Véase también, al respecto: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/societal-challenges>. Fecha de último acceso: 28/12/2019.

³ La Declaración de Lund fue el resultado de una conferencia celebrada en la ciudad de mismo nombre sobre investigación e innovación bajo encargo de la entonces Presidencia sueca del Consejo de la UE.

⁴ Este marco normativo tendría como referente el Tratado de Maastricht de la UE de 1992 (von Schomberg, 2013, págs. 56-58).

un elemento que vendría a apuntalar la eficacia y las posibilidades de éxito del sistema: «RRI fosters the creativity and innovativeness of European societies» (European Commission, 2013, pág. 4). Así, no es probablemente casual que, junto a la caracterización «disruptivista» de RRI, conviva otra basada en un conjunto de dimensiones temáticas prefijadas, donde estas, es decir, la participación pública, la igualdad de género, el acceso abierto a la investigación, la educación científica y la dimensión ética, se encuentran ligadas, en su significado e impacto, a la misión de «make science more attractive (notably to young people), raise the appetite of society for innovation, and open up further research and innovation activities» (European Commission, 2013, pág. 4). Esta otra caracterización de RRI parecería expresar e implicar una visión más conservadora (o «domesticada») de la innovación responsable, viéndose esta limitada en su acción a la satisfacción de un conjunto de criterios alcanzable *de facto*, sin tener que renunciar para ello a las prioridades desarrollistas del sistema de innovación y su asociada asunción de equilibrio, o armonía (Rodríguez, Eizagirre e Ibarra, 2019).⁵ Así, por ejemplo, la dimensión de la participación pública en «Horizonte 2020» se concibe como instrumentalizada por el objetivo de «reforzar la confianza pública en la ciencia» (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2013, pág. 106), esto es, como una práctica que «debe ir acompañada de actividades de toma de contacto con el público para obtener y mantener el apoyo de este a Horizonte 2020» (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2013, pág. 106).

2.2. El riesgo a la luz de RRI

Como hemos visto en la subsección anterior, la posibilidad de desarrollar modos alternativos de hacer ciencia y tecnología, tales como los (parcialmente) alumbrados por propuestas tipo RRI, puede verse seriamente coartada por el compromiso hacia un marco normativo prefijado y los intereses, preferencias y asunciones ligados al mismo. Eso puede ser cierto tanto para las dinámicas de innovación científico-tecnológica en general, como en relación a la dimensión de sus riesgos y la gobernanza de los mismos. En relación a ello, a continuación procederemos a tratar de elucidar el sentido y capacidad transformadora de la problemática de la seguridad en el entorno del sistema de innovación de la UE, que se dice comprometido con un enfoque RRI.

Dadas las consideraciones hasta ahora señaladas, y admitiendo cierta ambigüedad en lo relativo al encaje y significado de la cuestión de la seguridad dentro del marco RRI de innovación responsable, parecería que no hay una exigencia especial añadida, por así decir, respecto a la manera habitual de concebir el análisis del riesgo europeo, representado en lo fundamental según un modelo lineal y funcionalmente diferenciado

⁵ De hecho, la propia CE propone de manera explícita una doble caracterización de RRI en términos de caracterización «general» (propia de una lectura RRI más inclusiva, o «disruptiva») y caracterización «práctica» (propia de una lectura RRI limitada a un conjunto cerrado —y proclive a la «domesticación»— de problemas): «In general terms, it [RRI] implies anticipating and assessing potential implications and societal expectations with regard to research and innovation. In practice, RRI consists of designing and implementing R&I policy that will a) engage society more broadly in its research and innovation activities, b) increase the access to scientific results, c) ensure gender equality in both the research process and research content, d) take account of the ethics dimension, and e) promote formal and informal science education» (European Commission, 2013, pág. 4).

donde a la evaluación científica previa de los riesgos le sigue la gestión político-reguladora de los mismos sobre la base de esa evaluación de inicio (European Commission, 2018b; Fisher, 2013).

En ese sentido, por un lado el análisis del riesgo se representa como un elemento fundamental dentro del orden de cosas dirigido a sostener un esquema de progreso basado en la asunción de equilibrio de la que venimos hablando. Así, al análisis del riesgo se le seguiría asignando, en nombre de la ciencia y la objetividad, ese rol característicamente funcional que actúa a modo de elemento normalizador de las relaciones entre la ciencia, la sociedad y la naturaleza. Por otro lado, y al mismo tiempo, ese rol parecería estar separado del núcleo del planteamiento RRI, el cual parecería estar fundamentado en gran medida en la idea de que la cuestión de la responsabilidad respecto a las innovaciones debería trascender la preocupación por los riesgos — «beyond their anticipated (...) risks» (von Schomberg, 2013, pág. 51)— e incluir sobre todo la problematización de los valores y prioridades que guían las innovaciones (siguiendo así el diagnóstico realizado en [Felt, Wynne *et al.*, 2007]), por lo que la pregunta «‘What are the risks?’—important question though this is to consider within any framework—is not the departure point for responsible innovation» (Owen *et al.*, 2013, pág. 29).

A ese último respecto, se ha llegado a interpretar que la cuestión del riesgo tecnológico se torna en cuestión secundaria en un marco RRI (secundaria en tanto «problema RRI»), es decir, en tanto cuestión con potencial para reformular las expectativas y procedimientos del análisis del riesgo y situar a la cuestión de la seguridad de manera explícita en el centro de las preocupaciones institucionales por la responsabilidad): «risk based regulations are of a secondary order» (Schroeder y Ladikas, 2015, pág. 169), es decir, «the meaning of responsibility embedded in RRI (...) is concerned with failing to address major challenges rather than avoiding unintended consequences» (Lindner *et al.*, 2016, pág. 44). De manera implícita, además, se estaría desligando la consideración de los «bienes» de la regulación de los «males» del progreso, cosa legítimamente discutible tomando en cuenta que en los sistemas de innovación la responsabilidad por regular los riesgos convive con un fortísimo interés por alcanzar y mantener la competitividad económica a través de los desarrollos tecnológicos (Ravetz, 2003).

De todos modos, también hay que señalar que ciertas iniciativas y planteamientos parecen reflejar un impacto explícito de los principios de tipo RRI sobre la manera de concebir el análisis del riesgo. Por ejemplo, la CE reclama en el marco del programa *Horizon 2020* una serie de mejoras en los procesos de análisis del riesgo, tales como el desarrollo de «new tools or approaches to PP [Precautionary Principle] (...) in order to help policy makers and other stakeholders apply RRI principles, that is, build effective cooperation between science and society, and pair scientific excellence with social awareness and responsibility» (European Commission, 2018c, pág. 41), la puesta en marcha de experiencias de gobernanza del riesgo de índole transdisciplinar «based on a clear understanding of risk, its management practices and the societal risk perception by all stakeholders» (European Commission, 2018d, pág. 25), o la integración explícita de «[l]egal, policy making and Responsible Research and Innovation aspects» (sin

especificar cuáles serían esos «aspectos RRI» a considerar) en el diseño y aplicación de los mecanismos reguladores del riesgo (European Commission, 2018d, pág. 27).

Sin embargo, todo ello parece reflejar un planteamiento fundamentalmente continuista con respecto al modo en el que las relaciones entre los aspectos científicos y sociales constitutivos del análisis del riesgo han tendido a tratarse en el contexto institucional y regulador europeo. El ejercicio de cooperación —o inclusividad— al que se apela estaría limitado a la dimensión de la gestión de los riesgos, lo que significa que el rol atribuido a los/as actores/as sociales es el de funcionar a modo de elementos de valoración de un problema, o riesgo, objetivo (*i.e.*, científicamente determinado) (Council of the European Union, 2014, págs. 43 y 49; Delogu, 2016, pág. 244; Greiving, 2009, págs. 7-13). Esa nítida demarcación entre aspectos científicos y sociales es, sin embargo, difícilmente sostenible en el contexto de la ciencia reguladora: las consideraciones no-epistémicas se ven necesariamente implicadas en las decisiones metodológicas relacionadas con la utilización y representación de las evidencias científicas en contextos donde el conocimiento sobre los riesgos es parcial, o poco concluyente (*i.e.*, incierto) (*e.g.*, Douglas, 2000; Luján y Todt, 2015; Miller y Wickson, 2015).

Todo esto parece implicar, como ya hemos adelantado, que el análisis del riesgo, en nombre de la «objetividad», o «factualidad», del peligro calculado, actuaría, en este contexto, a modo de práctica al servicio de la consecución de los objetivos estratégicos fijados en la agenda política, lo que en el caso europeo sería asimismo indicativo del mencionado fuerte compromiso con el desarrollismo tecno-industrial y la idea de compatibilidad entre una pluralidad de problemas e intereses. Esto podría ilustrarse, por ejemplo, a través de la consideración de la gobernanza de los riesgos e incertidumbres de la nanotecnología, lo cual se llevará a cabo a continuación.

2.3. Algunos rasgos de la gobernanza europea de los riesgos de la nanotecnología

Considerada una tecnología emergente de gran valor económico gracias a su capacidad para operar y manipular la materia a niveles atómico y molecular e influir sobre todos los sectores industriales y, por ello, una actividad la cual «*should not be delayed, unbalanced or left to chance*» (European Commission, 2007, pág. 2), la nanotecnología lleva asociada asimismo el potencial para producir nuevos riesgos para la salud y el medio ambiente (European Commission, 2008; SCENIHR, 2006). Debido a su pequeño tamaño, los nanomateriales pueden penetrar más fácilmente en los organismos vivos y traspasar todo tipo de barreras biológicas (Kimbrell, 2007, pág. 216) y disponen de una proporción de superficie de área por volumen notablemente más alta que los materiales convencionales, lo que aumenta su energía de superficie y reactividad biológica y, en consecuencia, su toxicidad (Kandlikar, Ramachandran, Maynard, Murdock y Toscano, 2007, págs. 144 y 147; Oberdörster *et al.*, 2005, págs. 8-9).⁶

⁶ Otras propiedades tales como la química de superficie, la solubilidad y la forma también determinan la toxicidad de los nanomateriales (Maynard *et al.*, 2006, pág. 267), la cual también depende de propiedades no

De todos modos, existen ignorancias de base acerca de los mecanismos causales que regulan la toxicidad —constatada— de los nanomateriales (*e.g.*, Aschberger, Christensen, Rasmussen y Jensen, 2016; Hristozov *et al.*, 2014; Mattsson y Simkó, 2017), lo que impide llevar a cabo una evaluación del riesgo comprehensiva, o general, que fuera válida para todos los productos de la nanotecnología, y plantea la necesidad de abordar los riesgos de la nanotecnología a partir de un enfoque casuístico (SCENIHR, 2006, pág. 58). Tal como concluyera la CE en un informe de 2012, «nanomaterials require a risk assessment, which should be performed on a case-by-case basis, using pertinent information» (European Commission, 2012, pág. 11). Sin embargo, la enorme variedad de nanomateriales que presumiblemente va a inundar el mercado, cada uno de ellos con propiedades físico-químicas peculiares (en relación al tamaño, la forma, el área y la química de superficie, etc.), añadido al complejo conjunto de parámetros ecológicos y biológicos con los que interactúan (lo que conlleva, por ejemplo, la influencia medioambiental sobre su toxicidad, la multiplicación de sus rutas de exposición, la variabilidad en su toxicidad inter-especie, o la emergencia de efectos tóxicos no agudos), permiten cuestionar a su vez la viabilidad del mencionado criterio casuístico (Choi, Ramachandran y Kandlikar, 2009; Walker y Bucher, 2009; Wickson, 2009).

Sin embargo, a pesar de ello, pareciera que la viabilidad de producir escenarios de desarrollo industrial de base nanotecnológica se da por asumida en el contexto de la UE. En paralelo al pionero y masivo desarrollo de regulaciones destinadas a una gobernanza comprometida y estricta de los riesgos asociados a la nanotecnología y sus nanomateriales, la eficacia controladora de las capacidades científico-técnicas y normativo-políticas movilizadas al servicio de la seguridad no se concibe como cuestionable, es decir, sujeta a la posibilidad de la consideración de que un proyecto tecno-económico tal pueda cuestionarse en términos sustantivos sobre la base de los riesgos e incertidumbres asociados al mismo (Rodríguez, 2018).⁷

En respuesta a las debilidades del enfoque casuístico ya señaladas, la CE ha apostado a lo largo de la última década (especialmente a través de «Horizonte 2020») por el desarrollo de estrategias de agrupamiento (*grouping*), lo que significa que se busca categorizar los nanomateriales según sus similitudes en lo concerniente a las propiedades consideradas de riesgo (*e.g.*, ECHA, 2017a; GRACIOUS Project, 2017; Mech *et al.*, 2018). De ese modo, la información toxicológica obtenida acerca de un nanomaterial podría utilizarse para evaluar la seguridad de otros nanomateriales que

inherentes tales como las condiciones de exposición o las dinámicas particulares de absorción biológica (Ricaud y Witschger, 2012, pág. 14).

⁷ Por ejemplo, el Parlamento Europeo, a pesar de ser la institución de la UE que más ha insistido a través de su acción legislativa por desarrollar nuevos marcos reguladores específicamente diseñados para cubrir los riesgos e incertidumbres de los nanomateriales (frente a una actitud de inicio más laxa al respecto de la CE, según la cual los instrumentos reguladores que estaban ya en vigor previo a la irrupción de las aplicaciones nanotecnológicas eran válidos también para regular las sustancias y productos para los que fueron diseñados pero a tamaños mucho más pequeños), no renunció a la creencia de que, a pesar de todas las incertidumbres sistémicas que rodean al desarrollo nanotecnológico, esa ignorancia es, por principio, susceptible de desaparecer con el tiempo —en vez de indicativa de una incapacidad de base para mantener bajo control las consecuencias de transformar el mundo a niveles molecular y atómico—. Así, «la Unión Europea necesita invertir más en la evaluación adecuada de los nanomateriales para colmar las lagunas en los conocimientos» (Parlamento Europeo, 2009, pág. 85; énfasis añadido). Véase también Rodríguez (2018).

compartieran grupo, o categoría, con aquél (según lo que se denomina «lectura de extrapolación», o *read-across*) (e.g., ECHA, 2017b, págs. 6-8; EFSA Scientific Committee, 2018, pág. 4; Landvik, Skaug, Mohr, Verbeek y Zienolddiny, 2018).

Este cambio de estrategia (de la casuística a la categorización) responde fundamentalmente a un criterio de eficiencia (*efficient risk assessment*) (Oomen *et al.*, 2015, 2018), el cual deviene en valor fundamental para la evaluación del riesgo en este contexto de incertidumbre. Una estrategia de análisis del riesgo basada en el agrupamiento permitiría acelerar el proceso de evaluación y regulación de los nanomateriales en pos de evitar que estos inunden el mercado sin control alguno, algo que también debería interpretarse y valorarse, sin embargo, a la luz de la constatación de que esa estrategia emerge en esencia como subordinada a una *de facto* asumida y promovida proliferación y utilización masiva (*i.e.*, industrializada) de nanomateriales, acorde a una política donde no innovar en determinadas áreas de conocimiento y cambio técnico no parece ser ni siquiera una opción.

Queda por ver, a ese respecto, el modo en el que la primacía del criterio de eficiencia y su encarnación en un enfoque de categorización afecta a la gestión de la complejidad asociada a la gobernanza de los riesgos de los nanomateriales. Agrupar nanomateriales es más complejo que agrupar sustancias convencionales, debido a la amplia variedad de propiedades físico-químicas que podrían determinar la peligrosidad de aquellos (e.g., composición química, tamaño, forma, ratio de aspecto, carga de superficie, actividad redox, capacidad de disolución, cristalinidad, capa de superficie, tendencia de aglomeración/dispersión) y a que esa toxicidad no es mono-causal sino dependiente de las interrelaciones entre propiedades, amén de que los factores de uso y exposición también han de tomarse en cuenta a pesar de que la incertidumbre que rodea a la medición y caracterización de los nanomateriales en sus matrices medioambiental y biológica dificulta sobremanera la comprensión del destino, transporte e influencia expositiva de los mismos, cuyas propiedades y comportamiento varían además a lo largo de su ciclo de vida (CIEL, 2016, pág. 4; Lynch, Weiss y Valsami-Jones, 2014; Shatkin, Ede y Sayes, 2018, pág. 256).

El recurso a la categorización no está ella misma, pues, exenta de incertidumbres, y lo que ello en última instancia pone de manifiesto es la necesidad de analizar en detalle el modo en el que se gestiona esa complejidad y ausencia de conocimiento en el contexto del marco de gobernanza del riesgo europeo. Ello significa que habrá que tener en cuenta las expectativas políticas y las demandas reguladoras impuestas a los nanomateriales y cómo estas condicionan los niveles de exigencia científica aplicables al análisis de sus riesgos, prestando para ello especial atención a los criterios de selección subyacentes a las categorizaciones, en función de los cuales se decidirá el grado en el que se tienda a sobrerregular o infrarregular las innovaciones nanotecnológicas (Luján, Todt y Bengoetxea, 2016, págs. 300-303).

En ese sentido, parece difícil sostener una concepción del riesgo y de su gobernanza basada en una demarcación nítida entre los aspectos científicos y sociales, contrariamente a lo que parece apuntar el modo dominante de gobernar responsablemente los riesgos de los desarrollos de la tecno-industria en tiempos de RRI. Una adopción sin complejos de la vertiente más inclusiva de RRI en el ámbito de la

gobernanza del riesgo debería animarnos a abrazar sin complejos el carácter constitutivamente heterógeno del riesgo y a dudar de planteamientos radicalmente dicotómicos (Rodríguez, 2016), planteamientos en función de los cuales el riesgo actuaría a modo de «límite objetivo» que coarta la emergencia y viabilidad de determinadas actitudes y posibilidades respecto a la constitución de la seguridad sociotécnica (incluyendo ahí la propia posibilidad de cuestionar de pleno la viabilidad y/o deseabilidad de los desarrollos tecno-industriales en nombre de la seguridad y otras alternativas sociotécnicas).

3. Una nueva concepción del riesgo: la anticipación como herramienta heurística al servicio de la apertura de los escenarios de seguridad

En esta sección, y partiendo del diagnóstico realizado acerca de la ambigüedad y de los límites y posibilidades de la concepción del riesgo presente en las narrativas RRI de la UE, exploraremos algunas de las posibles relaciones que cabría trazar entre la gobernanza del riesgo y la anticipación. Después de presentar brevemente el fenómeno de la anticipación y su contexto de emergencia (sección 3.1), pasaremos a analizar (sección 3.2) el modo en el que la anticipación podría —siempre que sea interpretada desde su vertiente más disruptiva— servir para articular concepciones alternativas o «no-limitantes» del riesgo. Para ello, mostraremos la pertinencia de abrazar una concepción del riesgo constitutivamente heterogénea (*i.e.*, capaz de acoger en su seno la complejidad y multidimensionalidad constituyente de los sistemas sociotécnicos), o «ampliada», a la que denominaremos «anticipatoria» por poseer la capacidad de incorporar la problematización de la plausibilidad y/o deseabilidad de los estados futuros de un sistema sociotécnico como su principal elemento heurístico para la coproducción, evaluación y ejecución de vías alternativas de acción.

3.1. La anticipación como dimensión constitutiva de la innovación responsable

Tal y como hacíamos mención en los inicios de la sección anterior, durante la última década han emergido una serie de marcos o paradigmas normativos orientados a la promoción de una investigación e innovación más responsable. Ejemplos de ello son las nuevas perspectivas en torno a la «Evaluación de Tecnologías» (o TA, de *Technology Assessment*) (*e.g.*, Grunwald, 2018, 2019) y los marcos normativos de «innovación responsable» (o RI, de *Responsible Innovation*) (*e.g.*, Stilgoe, Owen y Macnaghten, 2013; Owen y Pansera, 2019), el ya mencionado RRI (*e.g.*, European Commission, 2013; von Schomberg, 2013), o la «gobernanza anticipatoria» (o AG, de *Anticipatory Governance*) (*e.g.*, Barben, Fisher, Selin y Guston, 2007; Guston, 2014).

Si bien cada uno de estos marcos se constituye sobre elementos o dimensiones y presupuestos teóricos diferenciados que a su vez cabría interpretar y/u operacionalizar de diversos modos, todos ellos comparten algunas características comunes. En primer lugar, como ya se ha mencionado en relación al caso específico de RRI (Eizagirre, Rodríguez e Ibarra, 2017), (i) participan de la progresiva politización de la responsabilidad que ha tenido lugar en las narrativas presentes en, y creadas sobre, las

políticas de ciencia, tecnología e innovación, comprendiendo esta politización especialmente en términos de la inclusión de una diversidad de voces que tradicionalmente fueron excluidas de los procesos de gobernanza de la investigación e innovación científico-tecnológica. En segundo lugar, estos marcos coinciden en lo que respecta a (ii) su marcado acento procesual, pues invitan a poner el foco de análisis, reflexión y cuidado no solo en los posibles resultados o impactos que podrían derivarse del desarrollo de determinada línea de investigación científico-tecnológica sino también, y sobre todo, en todo el proceso de coproducción del conocimiento (European Commission, 2013, pág. 4). Además, en tercer lugar, todos ellos señalan la necesidad de (iii) fomentar una intervención social temprana que permita una gestión o problematización *ex ante* de los posibles impactos («negativos» y «positivos»), así como una modulación de las trayectorias sociotécnicas con el fin de evitar su posible reificación acrítica. Por último, y en cuarto lugar, la necesidad de fomentar una intervención temprana conduce a estos marcos a compartir (iv) un marcado carácter prospectivo (*i.e.*, una marcada orientación hacia el futuro). La tensión existente —recogida por el denominado «dilema de Collingridge»— entre la alta maleabilidad de las trayectorias de investigación e innovación en los estadios iniciales de desarrollo científico-tecnológico y la habitual ausencia de conocimiento que soporte la orientación en esos periodos (Collingridge, 1980) suele utilizarse como un argumento recurrente para demandar modos alternativos de relacionarnos con «el futuro» que vayan más allá de la práctica predictiva y que sean capaces de sustentar una gobernanza temprana de la ciencia, la tecnología y la innovación socioepistémicamente más robusta (Grunwald, 2016; Michelson, 2016, cap. 3).

Precisamente son estas características compartidas —en especial las tres últimas— las que suscitaron la emergencia de la «anticipación» (en TA, RI y RRI) o del elemento «*foresight*» (en AG) como componentes prospectivos centrales para una innovación políticamente más responsable.⁸ Así, mientras que en AG⁹ y TA¹⁰ los ejercicios de prospectiva (o *foresight*) y anticipación son presentados como actividades orientadas a (i) generar reflexividad sobre los posibles impactos y cambios sociotécnicos (Rip y te Kulve, 2008) y/o tecnomorales (*e.g.*, Arnaldi, 2018; Swierstra, Stemerding y Boenink, 2009) que podrían darse a partir del desarrollo e implementación de determinada innovación, así como a (ii) la exploración, evaluación y búsqueda de alternativas sobre los modos de relacionar conocimientos, valores, expectativas y visiones que *de facto* orientan el desarrollo tecno-industrial (Lösh, Grunwald, Meister y Schulz-Schaeffer, 2019; Selin, 2011), en RI y, especialmente, en RRI, existe un mayor grado de ambigüedad a la hora de determinar qué se pretende de manera concreta mediante los

⁸ Podría de hecho argumentarse a este respecto que son los retos asociados al análisis y gestión de los riesgos de las nanotecnologías (algunos de ellos ya señalados en la sección 2.3) los que en gran parte promovieron la emergencia de estos marcos normativos. La emergencia de *Real-Time* TA (Guston y Sarewitz, 2002) y AG (Barben, Fisher, Selin y Guston, 2008; Guston, 2014; Karinen y Guston, 2010) —que luego influenciarían a RI, RRI y otras perspectivas recientes de TA— son ejemplos paradigmáticos de propuestas académicas que pueden —y deben— interpretarse dentro de, y en relación a, este contexto.

⁹ En AG, «*foresight*» implica la realización de ejercicios de prospectiva orientados a «to enrich futures in-the-making by encouraging and developing reflexivity in the system» (Barben, Fisher, Selin y Guston, 2008, pág. 986).

¹⁰ En TA, la anticipación «addresses the dimension of time when facing an open future: enhancing reflexivity over time» (Grunwald, 2019, pág. 703).

ejercicios anticipatorios y cuál es el grado de disruptividad que se les concede a los mismos.

En RI, por ejemplo, la anticipación es definida como una dimensión constitutiva de la investigación responsable¹¹ que «involves systematic thinking aimed at increasing resilience, while revealing new opportunities for innovation and the shaping of agendas for socially-robust risk research» (Stilgoe, Owen y Macnaghten, 2013, pág. 1570; énfasis añadido), y todo ello mediante el establecimiento de preguntas del tipo «‘what if...?’» que ayuden a «to consider contingency, what is known, what is likely, what is plausible and what is possible» (Stilgoe, Owen y Macnaghten, 2013, pág. 1570). Por otra parte, en la CE, a pesar de que RRI está íntimamente anclada en la anticipación —de hecho, se afirma que RRI «implies *anticipating* and assessing potential implications and societal expectations with regard to research and innovation» (European Commission, 2013, pág. 4; énfasis añadido)—, no se explicita el modo en que esta debe de articularse en la práctica (lo que dificulta evaluar su alcance y límites). René von Schomberg, por su parte, es más explícito precisando a este respecto que en RRI anticipar «implies, among others, the introduction of broader foresight and impact assessments for new technologies, beyond their anticipated market-benefits and risks», aunque a su vez parece limitar estas evaluaciones a aquellas «aimed at the “grand challenges” of our time» (von Schomberg, 2013, pág. 51).

Todo ello nos sitúa ante un contexto de indeterminación en lo que se refiere tanto a (i) la conceptualización y operacionalización de la anticipación (*i.e.*, en lo referente a cuál es el sentido y alcance de la misma para fomentar una investigación e innovación responsable), como a (ii) la relación que esta ocupa —o debería ocupar— en relación al fenómeno del análisis del riesgo. En relación al primer punto, parecen coexistir diferentes nociones de la anticipación (*e.g.*, Ruggiu, 2019), cada una de las cuales posee diferentes gradientes de disruptividad, yendo desde caracterizaciones de la anticipación más limitantes o reificadoras (*i.e.*, constreñidas a la exploración de los posibles impactos tecno-industriales y/o comprometidas con una serie de hitos futuros prefijados fuera de los cuales cualquier alternativa no es contemplada) a otras más disruptivas o habilitantes donde el sometimiento a escrutinio crítico de los modos en que las exploraciones son realizadas (*e.g.*, sobre la base de qué conocimientos y criterios valorativos) y de la plausibilidad y deseabilidad de los hitos e innovaciones es el mecanismo socioepistémico, o heurístico, que precisamente capacita la iluminación de alternativas (Urueña, 2019).¹² Comprendida desde esta última vertiente más disruptiva, la anticipación estaría especialmente orientada al fomento —mediante el uso de escenarios sobre futuros hipotéticos— de capacidades reflexivas que permitan

¹¹ De hecho, se afirma que «[r]esponsible innovation means *taking care of the future* through collective stewardship of science and innovation in the present» (Stilgoe, Owen y Macnaghten, 2013, pág. 1570; énfasis añadido).

¹² Esta ambivalencia operativa no es exclusiva de la dimensión anticipatoria, sino que afecta a los marcos en su conjunto. Esta afección global está íntimamente relacionada con la ya denunciada falta de un anclaje político explícito que articule estos marcos normativos (*e.g.*, van Oudheusden, 2013) y decante la balanza a la hora de su interpretación hacia una visión más disruptiva o limitante. A este respecto, llama la atención que, en el caso concreto de RI, existe un reconocimiento explícito de que este, dado su carácter formal, todavía «remains unresolved in terms of its political, institutional and normative imaginaries and practices» (Owen y Pansera, 2019, pág. 27).

contextualizar y cuestionar en el presente las asunciones y modelos mentales sobre la base de los cuales constituimos aquí y ahora mundos a través de la ciencia, la tecnología y la innovación, así como abrir la posibilidad de fomentar la construcción de trayectorias sociotécnicas alternativas (Konrad, van Lente, Groves y Selin, 2016).

A continuación, y teniendo en consideración la ambivalencia heurística (*i.e.*, habilitante / limitante) expuesta anteriormente, ahondaremos en la segunda de las indeterminaciones identificadas en torno a la anticipación: la posición otorgada —o que cabría otorgar— a la misma en relación al fenómeno del análisis del riesgo.

3.2. La emergencia de la anticipación en relación al riesgo: hacia un «riesgo anticipatorio»

Entre las diversas bases justificativas que motivan la creciente llamada a la creación de dinámicas «anticipatorias» —ya sean estas comprendidas en términos más o menos limitantes o disruptivos— en los sistemas de investigación e innovación con la finalidad de perseguir una innovación radicalmente más responsable (*i.e.*, más inclusiva y reflexiva), se encuentra la insatisfacción con los procesos tradicionales de gobernanza del riesgo. Esta insatisfacción es especialmente notoria cuando se contempla a la luz de las limitaciones epistémicas y políticas (apuntadas a lo largo de este trabajo) que estos procesos presentan en relación a la emergencia de innovaciones que constitutivamente traen consigo altas cotas de incertidumbre e ignorancia:

Obviously there is always some uncertainty pertaining to the future impact of human actions (...). Nonetheless, technologies of this kind by their very nature extend the degree of this uncertainty by changing the object of knowledge, rather than simply augmenting the risk of already-known processes producing harm (...).

Because the outcome of processes (...) are the subject of scientific ignorance, they cause problems for the practices of traditional risk analysis (...). Ultimately, the kind of uncertainty involved here is not epistemological, but existential (...). It is a condition of radical indeterminateness (...) that derives from both the temporality of human existence and its embeddedness in complex systems (Groves, 2009, pág. 20).

El descontento hacia la gobernanza de la ciencia, la tecnología y la innovación basada en el análisis del riesgo encuentra su raíz de insatisfacción principal en (i) las dificultades de este a la hora de gestionar eficazmente los impactos del progreso —«[g]overnance processes, often premised on formal risk assessment, have done little to identify in advance many of the most profound impacts that we have experienced through innovation» (Stilgoe, Owen y Macnaghten, 2013, pág. 1569)— y en (ii) su posible parcialidad a la hora de acomodar cuestiones de alto calado normativo —«public concerns cannot be reduced to questions of risk, but rather encompass a range of concerns relating to the purposes and motivations of research» (Stilgoe, Owen y Macnaghten, 2013, pág. 1569)—. De esta manera, se busca poner de manifiesto que las prácticas de análisis del riesgo no solo han generalmente fallado a la hora de proporcionarnos conocimiento relevante sobre el futuro de los sistemas sociotécnicos,

sino que además han sido estériles a la hora de acoger en su seno la dimensión constructiva o sociopolítica que es inherente a toda actividad sociotécnica. Frente a esta situación, los marcos normativos anteriormente mencionados ensalzan la «anticipación» como una dimensión y/o actividad prospectiva basada en modos de relacionarnos con el futuro no-predictivistas, capaz de integrar elementos normativos sobre una base inclusivista y/o metodológica y disciplinariamente pluralista. Por ejemplo:

Dissatisfaction with both this approach and risk-based regulation has moved attention away from accountability, liability and evidence towards those future-oriented dimensions of responsibility – care and responsiveness – that offer greater potential to accommodate uncertainty and allow reflection on purposes and values (Stilgoe, Owen y Macnaghten, 2013, pág. 1569).

La anticipación es, así contemplada, una actividad que iría *más allá* de las dinámicas de previsión del riesgo (e.g., von Schomberg, 2013, pág. 51) mediante la integración de elementos normativos relevantes para una gobernanza sociopolíticamente más robusta de la ciencia, la tecnología y la innovación. No obstante, una narrativa en la que el riesgo se desplaza o pretende ser «sobrepasado» (por no ser capaz de articular elementos normativos o sociopolíticos) solo parece adquirir coherencia en un escenario conceptual en el que el riesgo es contemplado desde una concepción estrecha, objetivista o limitante, impermeable a la posibilidad de que se le apliquen (o se le reconozcan) los mismos criterios de heterogeneidad que se les atribuyen a las dinámicas anticipatorias con las que se le confronta. Dicho de otro modo, la fórmula «anticipación frente a análisis formales del riesgo» solo adquiere coherencia si se presupone la imposibilidad (*i.e.*, si no se ha contemplado previamente la posibilidad) de realizar análisis formales del riesgo bajo los mecanismos de apertura que le son propios a las dinámicas anticipatorias disruptivas.

Frente a los discursos que, sobre la base de una concepción del riesgo «limitante», posicionan —o parecen posicionar— la cuestión acerca de los riesgos en un segundo plano a la hora de concebir la responsabilidad en términos radicalmente político-constructivos, es defendible la pertinencia de partir de una noción «habilitante», o *anticipatoria*, del riesgo, a la que le es constitutivo el planteamiento de cuestiones sobre el tipo de futuros sociotécnicos que deseamos y/o estamos dispuestos a co-crear y co-habitar. En ese sentido, Roberto Poli —uno de los teóricos de la anticipación más influyentes y fundador de los denominados *Anticipation Studies*— dedica un capítulo específico de su libro *Working with the Future* (2019) a la cuestión de los riesgos y la incertidumbre. Partiendo del diagnóstico de que los sistemas de manejo del riesgo «tradicionales» (basados en la asunción del carácter cuantificable de las probabilidades de escenarios futuros), al no poder integrar la incertidumbre ontológica o estructural constitutiva de muchos sistemas, no son siempre una herramienta adecuada para evaluar y tomar decisiones cruciales (Poli, 2019, pág. 38), Poli plantea una «*Anticipatory Risk Management*», supuestamente capacitada para acoger la incertidumbre constitutiva de muchos de los sistemas y alumbrar una «mejor» toma de decisiones en el presente. Si bien la propuesta puede resultar interesante en los términos planteados en este capítulo,

la misma parece reproducir el fenómeno anteriormente identificado: al basarse en una concepción limitante del riesgo, restringe la posibilidad de aplicar dinámicas crítico-reflexivas y constructivas propias de una práctica anticipatoria habilitante únicamente a los casos en los que impera la «incertidumbre» —*i.e.*, «those situations that do not have probability distributions» (Poli, 2019, pág. 32)—.

En cambio, cabría defenderse la posibilidad y pertinencia de articular una concepción del riesgo que sea capaz de acoger de manera constitutiva la heterogeneidad y complejidad sociopolítica que caracteriza a los sistemas sociotécnicos y de producir, mediante mecanismos inclusivos, alternativas de acción. Es decir, cabría la posibilidad de abordar el riesgo según las dinámicas propias de una anticipación de tipo disruptivo. Este «riesgo anticipatorio» se enfrenta de lleno a una concepción limitante del riesgo, donde este es observado como una cuestión de hecho, u «objetiva» (prefijada, o prefijable, en términos exclusivamente científico-técnicos). Lo que aquí se propone, en contraste, es una concepción del riesgo donde él mismo es susceptible de ser abordado anticipatoriamente. Es decir, se plantea entender el riesgo como una realidad heterogéneamente constituida (construida y evaluada contingentemente y en relación a una serie de valores y conocimientos no todos ellos necesariamente de carácter científico-técnico), la cual, en función de su naturaleza anticipatoria, permite problematizar tanto los modos en los que esa heterogeneidad es gestionada como las dinámicas que determinan la configuración de ciertos escenarios de seguridad frente a otros.

Abrazar pues un concepto anticipatorio de riesgo implicaría abrir al escrutinio público todos aquellos factores y dinámicas de tipo diverso que determinan la constitución de los marcos de seguridad sociotécnica, lo que en un principio posibilitaría la concepción y constitución de escenarios de riesgo radicalmente más alternativos, o responsables, cuya robustez socioepistémica se dirima en función de los grados de inclusividad y reflexividad que sea capaz de acoger en su seno.

4. Conclusiones

El presente trabajo ha pretendido elucidar el significado y alcance del riesgo científico-tecnológico en el contexto del sistema de innovación de la UE, y ello a la luz de los más recientes desarrollos en materia de innovación responsable de la política de investigación e innovación europea, y en especial de su enfoque RRI.

Frente a cierta interpretación más radical acerca de la manera de abordar la responsabilidad de RRI, según la cual la responsabilidad se entendería como una función del grado de inclusividad relativo a los procesos de investigación e innovación, el fenómeno del riesgo parecería ser institucionalmente abordado en este contexto partiendo de una concepción «objetivista», basada en una nítida demarcación entre los aspectos científicos y sociales característicos de los procesos de gobernanza de la seguridad tecno-industrial y, en ese sentido, ligada a ciertas asunciones acerca de la controlabilidad de los riesgos tecno-industriales y su compatibilidad con un amplio conjunto de intereses, preocupaciones y dimensiones de carácter socioeconómico, medioambiental y sanitario. En ese sentido, el riesgo funcionaría a modo de elemento

«limitante» —en nombre de su aparente objetividad/factualidad—, discutible y debatible primariamente en términos restringidos (*e.g.*, en relación a cuestiones de aceptabilidad social, y siempre partiendo de un riesgo «objetivamente dado y evaluado») y por un conjunto de actores/as expertos/as reducido, e impermeable en gran medida a consideraciones de tipo sociopolítico más amplias. Estas ideas fueron ilustradas en relación al marco RRI del sistema de innovación europeo, en general, así como en relación a algunas consideraciones sobre el análisis de los riesgos ligados a la nanotecnología, en particular.

Alternativamente, el trabajo también ha procurado explorar una propuesta alternativa de abordar el riesgo, más cercana a la lectura más radical, o inclusiva, de RRI. Ahí se ha propuesto una interpretación del fenómeno de la seguridad tecno-industrial basada en la idea de un riesgo constitutivamente «heterogéneo», capaz de habilitar, en términos fuertemente inclusivos, dinámicas de escrutinio más colectivas en torno a las configuraciones de los futuros sociotécnicos y sus características de riesgo. Esta manera alternativa de abordar el problema de la seguridad ha sido caracterizada, en ese sentido, a través de la expresión «riesgo anticipatorio», en tanto ligada a una concepción de la responsabilidad como expresión de la habilitación de capacidades anticipatorias disruptivas, es decir, orientadas a la producción de prácticas reflexivo-críticas y exploratorias en el presente sobre la base de la consideración y debate públicos de las expectativas e imaginaciones de las trayectorias, escenarios e impactos futuros de la ciencia y la tecnología.

En ese sentido, nuestra propuesta de «riesgo anticipatorio» serviría para promover modos (radicalmente) alternativos de concebir e implementar los marcos de seguridad sociotécnica, más allá de los límites impuestos por determinada manera (denominada aquí «objetivista») de abordar el fenómeno del riesgo, aun en tiempos de RRI.

Agradecimientos

El presente trabajo se enmarca en el proyecto de investigación FFI2015-69792-R. Sergio Urueña disfruta, además, de un contrato predoctoral para la Formación de Personal Investigador (BES-2016-079192). Ambas actividades son cofinanciadas por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional. Los autores han contado asimismo con el apoyo del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad del País Vasco UPV/EHU (PPGA19/23) y el Departamento de Educación del Gobierno Vasco (Grupo de Investigación Consolidado A: IT1205-19).

Referencias bibliográficas

Arnaldi, S. (2018). «Retooling Techno-Moral Scenarios. A Revisited Technique for Exploring Alternative Regimes of Responsibility for Human Enhancement». *NanoEthics*, 12(3), 283-300.

- Aschberger, K., Christensen, F. M., Rasmussen, K. y Jensen, K. A. (2016). «Feasibility and Challenges of Human Health Risk Assessment for Engineered Nanomaterials». En B. Xing, C. D. Vecitis y N. Senesi (eds.), *Engineered Nanoparticles and the Environment: Biophysicochemical Processes and Toxicity* (págs. 409-441). Hoboken, NJ: Wiley.
- Aven, T. y Renn, O. (2010). *Risk Management and Governance: Concepts, Guidelines and Applications*. Berlín y Heidelberg: Springer-Verlag.
- Barben, D., Fisher, E., Selin, C. y Guston, D. H. (2008). «Anticipatory Governance of Nanotechnology: Foresight, Engagement, and Integration». En E. J. Hackett, O. Amsterdamska, M. E. Lynch y J. Wajcman (eds.), *The Handbook of Science and Technology Studies. Third Edition* (págs. 979-1000). Cambridge, MA y Londres: The MIT Press.
- Bauer, M. (ed.) (1997). *Resistance to new technology: nuclear power, information technology and biotechnology*. Cambridge y Nueva York: Cambridge University Press.
- Beck, U. (1998 [1986]). *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós.
- Blok, V. y Lemmens, P. (2015). «The Emerging Concept of Responsible Innovation. Three Reasons Why It Is Questionable and Calls for a Radical Transformation of the Concept of Innovation». En B.-J. Koops, I. Oosterlaken, H. Romijn, T. Swierstra y J. van den Hoven (eds.), *Responsible Innovation 2: Concepts, Approaches, and Applications* (págs. 19-35). Cham: Springer.
- Choi, J.-Y., Ramachandran, G. y Kandlikar, M. (2009). «The Impact of Toxicity Testing Costs on Nanomaterial Regulation». *Environmental Science and Technology* 43(9), 3030-3034.
- CIEL [Center for International Environmental Law] (2016). *Risk Assessment of Nanomaterials in a Regulatory Context* (December 2016). Washington, DC. Recuperado de https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2016/12/NanoRiskAssessmentFactsheetFinal_6dec2016.pdf. Fecha de último acceso: 13/12/2019.
- Collingridge, D. (1980). *The Social Control of Technology*. Nueva York: St. Martin's Press.
- Comisión Europea (2018). *Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se crea el Programa Marco de Investigación e Innovación "Horizonte Europa" y se establecen sus normas de participación y difusión*, COM(2018) 435 final (7.6.2018). Bruselas.
- Council of the European Union (2014). «Council Directive 2014/87/Euratom of 8 July 2014 amending Directive 2009/71/Euratom establishing a Community framework for the nuclear safety of nuclear installations». En *Official Journal of the European Union* L 219, Volume 57, 25 July 2014 (págs. 42-52). Luxemburgo: Publications Office of the European Union.
- Cranor, C. F. (2011). *Legally Poisoned: How the Law Puts Us at Risk From Toxicants*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Delogu, B. (2016). *Risk Analysis and Governance in EU Policy Making and Regulation: An Introductory Guide*. Cham: Springer.
- Dickson, D. (1984). *The New Politics of Science*. Nueva York: Pantheon Books.
- Douglas, H. E. (2000). «Inductive Risk and Values in Science». *Philosophy of Science*, 67(4), 559-579.
- ECHA [European Chemicals Agency] (2017a). *Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Appendix R.6-1 for nanomaterials applicable to the Guidance on QSARs and Grouping of Chemicals* (version 1.0, May 2017), ECHA-17-G-17-EN. Helsinki.
- ECHA [European Chemicals Agency] (2017b). *Read-Across Assessment Framework (RAAF)*, ECHA-17-R-01-EN. Helsinki.
- EFSA [European Food Safety Authority] Scientific Committee (2018). «Guidance on risk assessment of the application of nanoscience and nanotechnologies in the food and feed chain: Part 1, human and animal health». *EFSA Journal*, 16(7), 5327.
- Eizagirre, A, Rodríguez, H. e Ibarra, A. (2017). «Politicizing Responsible Innovation: Responsibility as Inclusive Governance». *International Journal of Innovation Studies*, 1(1), 20-36.
- ERA [European Research Area] Expert Group (2008). *Challenging Europe's Research: Rationales for the European Research Area (ERA)*, EUR 23326. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities.
- European Commission (1999). *Community Strategy for Endocrine Disruptors: a range of substances suspected of interfering with the hormone systems of humans and wildlife*, COM(1999) 706 final (17.12.1999). Bruselas.
- European Commission (2007). *Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009. First Implementation Report 2005-2007*, COM(2007) 505 final (6.9.2007). Bruselas.
- European Commission (2008). *Regulatory Aspects of Nanomaterials*, COM(2008) 366 final (17.6.2008). Bruselas.
- European Commission (2011). *Horizon 2020. The Framework Programme for Research and Innovation*, COM(2011) 808 final (30.11.2011). Bruselas.
- European Commission (2012). *Second Regulatory Review on Nanomaterials*, COM(2012) 572 final. Bruselas.
- European Commission (2013). *Horizon 2020, Work Programme 2014-2015: 16. Science with and for Society*, C(2013) 8631 of 10 December 2013. Bruselas.
- European Commission (2015). «Nanotechnologies». *European Commission - Horizon 2020*. Recuperado de <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/nanotechnologies>. Fecha de último acceso: 23/10/2015.
- European Commission (2018a). *Annexes to the Proposal for a Decision of the European Parliament and of the Council on establishing the specific programme implementing Horizon Europe – the Framework Programme for Research and Innovation*, COM(2018) 436 final (7.6.2018). Bruselas.
- European Commission (2018b). *Risk Assessment by the Scientific Committees of the European Commission*. Bruselas. Recuperado de

- http://ec.europa.eu/assets/sante/health/scientific_committees/risk_assessment/index_en.htm. Fecha de último acceso: 29/11/2018.
- European Commission (2018c). *Horizon 2020, Work Programme 2018-2020: 16. Science with and for Society*, C(2018)4708 of 24 July 2018. Bruselas.
- European Commission (2018d). *Horizon 2020, Work Programme 2018-2020: 5.ii. Nanotechnologies, Advanced Materials, Biotechnology and Advanced Manufacturing and Processing*, C(2018)4708 of 24 July 2018. Bruselas.
- European Parliament (14 de marzo de 2012). «Win-win ending to the ‘hormone beef trade war’». *European Parliament News*. Recuperado de <http://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20120314IPR40752/win-win-ending-to-the-hormone-beef-trade-war>. Fecha de último acceso: 22/11/2018.
- Felt, U. (rapporteur), Wynne, B. (chairman), Callon, M., Gonçalves, M. E., Jasanoff, S., Jepsen, M., Joly, P.-B., Konopasek, Z., May, S., Neubauer, C., Rip, A., Siune, K., Stirling, A. y Tallacchini, M. (2007). *Taking European Knowledge Society Seriously. Report of the Expert Group on Science and Governance to the Science, Economy and Society Directorate, Directorate-General for Research, European Commission* (EUR 22700). Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities.
- Fisher, E. (2013). «Framing Risk Regulation: A Critical Reflection». *European Journal of Risk Regulation*, 4(2), 125-132.
- Gaskell, G. (2008). «Lessons from the Bio-Decade: A Social Scientific Perspective». En K. David y P. B. Thompson (eds.), *What Can Nanotechnology Learn from Biotechnology? Social and Ethical Lessons for Nanoscience from the Debate over Agrifood Biotechnology and GMOs* (págs. 237-259). Amsterdam: Academic Press.
- GRACIOUS Project, H2020 (2017). *Draft – GRACIOUS framework for grouping and read-across of nanomaterials for regulatory risk assessment and safe-by-design*. H2020-NMBP-2017, Deliverable D1.2.
- Greiving, S. (rapporteur) (2009). *Goverscience seminar on inclusive risk governance* (European Commission, EUR 23910). Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities.
- Groves, C. (2009). «Future ethics: risk, care and non-reciprocal responsibility». *Journal of Global Ethics*, 5(1), 17-31.
- Grunwald, A. (2016). «Synthetic Biology: Seeking for Orientation in the Absence of Valid Prospective Knowledge and of Common Values». En S. O. Hansson y G. H. Hadorn (eds.), *The Argumentative Turn in Policy Analysis. Reasoning about Uncertainty* (págs. 325-344). Cham: Springer.
- Grunwald, A. (2018). *Technology Assessment in Practice and Theory*. Londres: Routledge.
- Grunwald, A. (2019). «The inherently democratic nature of technology assessment». *Science and Public Policy*, 46(5), 702-709.
- Guston, D. H. (2014). «Understanding ‘anticipatory governance’». *Social Studies of Science*, 44(2), 218-242.

- Guston, D. H. y Sarewitz, D. (2002). «Real-time technology assessment». *Technology in Society*, 24(1-2), 93-109.
- Hristozov, D., MacCalman, L., Jensen, K. A., Stone, V., Scott-Fordsmand, J., Nowack, B., Fernandes, T. y Marcomini, A. (2014). «Risk Assessment of Engineered Nanomaterials: State of the Art and Roadmap for Future Research». En N. A. Monteiro-Riviere y C. L. Tran (eds.), *Nanotoxicology: Progress toward Nanomedicine* (2nd edition) (págs. 459-478). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Kandlikar, M., Ramachandran, G., Maynard, A., Murdock, B. y Toscano, W. A. (2007). «Health risk assessment for nanoparticles: A case for using expert judgment». *Journal of Nanoparticle Research*, 9(1), 137-156.
- Karinen, R. y Guston, D. H. (2010). «Toward Anticipatory Governance: The Experience with Nanotechnology». En M. Kaiser, M. Kurath, S. Maasen y C. Rehmann-Sutter (eds.), *Governing Future Technologies. Nanotechnology and the Rise of an Assessment Regime* (págs. 217-232). Dordrecht: Springer.
- Kearnes, M., Grove-White, R., Macnaghten, P., Wilsdon, J. y Wynne, B. (2006). «From Bio to Nano: Learning Lessons from the UK Agricultural Biotechnology Controversy». *Science as Culture*, 15(4), 291-307.
- Kimbrell, G. A. (2007). «The Potential Environmental Hazards of Nanotechnology and the Applicability of Existing Law». En N. M. de S. Cameron y M. E. Mitchell (eds.), *Nanoscale: Issues and Perspectives for the Nano Century* (págs. 211-238). Hoboken, NJ: Wiley.
- Kleinman, D. L., Cloud-Hansen, K. A. y Handelsman, J. (eds.) (2014). *Controversies in Science and Technology. Volume 4: From Sustainability to Surveillance*. Nueva York: Oxford University Press.
- Konrad, K., van Lente, H., Groves, C. y Selin, C. (2016). «Performing and Governing the Future in Science and Technology». En U. Felt, R. Fouché, C. A. Miller y L. Smith-Doerr (eds.), *The Handbook of Science and Technology Studies. Fourth Edition* (págs. 465-493). Cambridge, MA y Londres: The MIT Press.
- Kuntz, M. (2012). «The postmodern assault on science». *EMBO reports*, 13(10), 885-889.
- Kuntz, M. (2017). «Science and Postmodernism: From Right-Thinking to Soft-Despotism». *Trends in Biotechnology*, 36(4), 283-285.
- Landvik, N. E., Skaug, V., Mohr, B., Verbeek, J. y Zienolddiny, S. (2018). «Criteria for grouping of manufactured nanomaterials to facilitate hazard and risk assessment, a systematic review of expert opinions». *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 95, 270-279.
- Leiss, W. (2001). *In the Chamber of Risks: Understanding Risk Controversies*. Montreal e Ithaca, NY: McGill-Queen's University Press.
- Levidow, L. y Neubauer, C. (2014). «EU Research Agendas: Embedding What Future?». *Science as Culture*, 23(3), 397-412.
- Lewis, D. L. (2014). *Science for Sale: How the US Government Uses Powerful Corporations and Leading Universities to Support Government Policies, Silence Top Scientists, Jeopardize Our Health, and Protect Corporate Profits*. Nueva York: Skyhorse Publishing.

- Lindner, R., Kuhlmann, S., Randles, S., Bedsted, B., Gorgoni, G., Griessler, E., Loconto, A. y Mejlgaard, N. (eds.) (2016). *Navigating Towards Shared Responsibility in Research and Innovation: Approach, Process and Results of the Res-AGorA Project*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- López Cerezo, J. A. y Luján, J. L. (2000). *Ciencia y política del riesgo*. Madrid: Alianza.
- Lösh, A., Grunwald, A., Meister, M. y Schulz-Schaeffer, I. (2019). *Socio-Technical Futures Shaping the Present: Empirical Examples and Analytical Challenges*. Wiesbaden: Springer VS.
- Luján, J. L. y Todt, O. (2015). «The Role of Values in Methodological Controversies: The Case of Risk Assessment». *Philosophia Scientiæ*, 19(1), 45-56.
- Luján, J. L., Todt, O. y Bengoetxea, J. B. (2016). «Mechanistic Information as Evidence in Decision-Oriented Science». *Journal for General Philosophy of Science*, 47(2), 293-306.
- Lund Declaration (2009). «Europe Must Focus on the Grand Challenges of our Time». En U. Svedin (rapporteur), *New Worlds – New Solutions. Research and Innovation as a Basis for Developing Europe in a Global Context* (The Swedish EU Presidency Conference – Final report) (págs. 40-41). Lund (Suecia), 7-8 de julio de 2009.
- Lynch, I., Weiss, C. y Valsami-Jones, E. (2014). «A strategy for grouping of nanomaterials based on key physico-chemical descriptors as a basis for safer-by-design NMs». *Nano Today*, 9(3), 266-270.
- Marklund, G., Vonortas, N. S. y Wessner, C. W. (eds.) (2009). *The Innovation Imperative: National Innovation Strategies in the Global Economy*. Cheltenham y Northampton, MA: Edward Elgar.
- Mattsson, M.-O. y Simkó, M. (2017). «The changing face of nanomaterials: Risk assessment challenges along the value chain». *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 84, 105-115.
- Maynard, A. D., Aitken, R. J., Butz, T., Colvin, V., Donaldson, K., Oberdörster, G., Philbert, M. A., Ryan, J., Seaton, A., Stone, V., Tinkle, S. S., Tran, L., Walker, N. J. y Warheit, D. B. (2006). «Safe handling of nanotechnology». *Nature*, 444(7117), 267-269.
- Mech, A., Rasmussen, K., Jantunen, P., Aicher, L., Alessandrelli, M., Bernauer, U., Bleeker, E. A. J., Bouillard, J., Di Prospero Fanghella, P., Draisci, R., Dusinska, M., Encheva, G., Flament, G., Haase, A., Handzhiyski, Y., Herzberg, F., Huwyler, J., Jacobsen, N. R., Jeliaskov, V., Jeliaskova, N., Nymark, P., Grafström, R., Oomen, A. G., Polci, M. L., Riebeling, C., Sandström, J., Shivachev, B., Stateva, S., Tanasescu, S., Tsekovska, R., Wallin, H., Wilks, M. F., Zellmer, S. y Apostolova, M. D. (2018). «Insights into possibilities for grouping and read-across for nanomaterials in EU chemicals legislation». *Nanotoxicology*, 13(1), 119-141.
- Mejlgaard, N., Woolley, R., Bloch, C., Bühner, S., Griessler, E., Jäger, A., Lindner, R., Madsen, E. B., Maier, F., Meijer, I., Peter, V., Stilgoe, J. y Wuketich, M. (2018).

- «A key moment for European science policy». *Journal of Science Communication*, 17(3), C05.
- Michelson, E. S. (2016). *Assessing the Societal Implications of Emerging Technologies: Anticipatory Governance in Practice*. Londres y Nueva York: Routledge.
- Miller, G. y Wickson, F. (2015). «Risk Analysis of Nanomaterials: Exposing Nanotechnology's Naked Emperor». *Review of Policy Research*, 32(4), 485-512.
- Oberdörster, G., Maynard, A., Donaldson, K., Castranova, V., Fitzpatrick, J., Ausman, K., Carter, J., Karn, B., Kreyling, W., Lai, D., Olin, S., Monteiro-Riviere, N., Warheit, D. y Yang, H. (2005). «Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy». *Particle and Fibre Toxicology*, 2(8), 1-35.
- OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development] (2015). *The Innovation Imperative: Contributing to Productivity, Growth and Well-Being*. París: OECD.
- Oomen, A. G., Bleeker, E. A. J., Bos, P. M. J., van Broekhuizen, F., Gottardo, S., Groenewold, M., Hristozov, D., Hund-Rinke, K., Irfan, M.-A., Marcomini, A., Peijnenburg, W. J. G. M., Rasmussen, K., Sánchez-Jiménez, A., Scott-Fordsmand, J. J., van Tongeren, M., Wiench, K., Wohlleben, W. y Landsiedel, R. (2015). «Grouping and Read-Across Approaches for Risk Assessment of Nanomaterials». *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, 13415-13434.
- Oomen, A. G., Steinhäuser, K. G., Bleeker, E. A. J., van Broekhuizen, F., Sips, A., Dekkers, S., Wijnhoven, S. W. P. y Sayre, P. G. (2018). «Risk assessment frameworks for nanomaterials: Scope, link to regulations, applicability, and outline for future directions in view of needed increase in efficiency». *NanoImpact*, 9, 1-13.
- Owen, R. y Pansera, M. (2019). «Responsible Innovation and Responsible Research and Innovation». En D. Simon, S. Kuhlmann, J. Stamm y W. Canzler (eds.), *Handbook on Science and Public Policy* (págs. 26-48). Cheltenham y Northampton, MA: Edward Elgar.
- Owen, R., Stilgoe, J., Macnaghten, P., Gorman, M., Fisher, E. y Guston, D. (2013). «A Framework for Responsible Innovation». En R. Owen, J. Bessant y M. Heintz (eds.), *Responsible Innovation: Managing the Responsible Emergence of Science and Innovation in Society* (págs. 27-50). Chichester: Wiley.
- Parlamento Europeo (2009). «Aspectos reglamentarios de los nanomateriales, P6_TA(2009)0 328 (viernes, 24 de abril de 2009). Resolución del Parlamento Europeo, de 24 de abril de 2009, sobre los aspectos reglamentarios de los nanomateriales (2008/2208(INI)), (2010/C 184 E/18)». En *Diario Oficial de la Unión Europea* C 184 E, 53º año, 8 de julio de 2010 (págs. 82-89). Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2013). «Reglamento (UE) N° 1291/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2013 por el que se establece Horizonte 2020, Programa Marco de Investigación e Innovación (2014-2020) y por el que se deroga la Decisión n° 1982/2006/CE».

- En *Diario Oficial de la Unión Europea* L 347, 56º año, 20 de diciembre de 2013 (págs. 104-173). Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Perrow, C. (1984). *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Nueva York: Basic Books.
- Poli, R. (2019). *Working with the Future: Ideas and Tools to Govern Uncertainty*. Milán: Bocconi University Press.
- Ravetz, J. (2003). «A paradoxical future for safety in the global knowledge economy». *Futures*, 35(8), 811-826.
- Renn, O. (2008). *Risk Governance: Coping with Uncertainty in a Complex World*. Londres y Sterling, VA: Earthscan.
- Ricaud, M. y Witschger, O. (2012). *Nanomaterials. Definitions, toxicological risk, characterisation of occupational exposure and prevention measures* (ED 6050). París: Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS).
- Rip, A. y te Kulve, H. (2008). «Constructive Technology Assessment and Socio-Technical Scenarios». En E. Fisher, C. Selin y J. M. Wetmore (eds.), *The Yearbook of Nanotechnology in Society, Volume 1: Presenting Futures* (págs. 49-70). Dordrecht: Springer.
- Rodríguez, H. (2016). «From objective to constituted risk: an alternative approach to safety in strategic technological innovation in the European Union». *Journal of Risk Research*, 19(1), 42-55.
- Rodríguez, H. (2018). «Nanotechnology and Risk Governance in the European Union: the Constitution of Safety in Highly Promoted and Contested Innovation Areas». *NanoEthics*, 12(1), 5-26.
- Rodríguez, H., Eizagirre, A. e Ibarra, A. (2019). «Dynamics of Responsible Innovation Constitution in European Union Research Policy: Tensions, Possibilities and Constraints». En R. von Schomberg y J. Hankins (eds.), *International Handbook on Responsible Innovation: A Global Resource* (págs. 167-180). Cheltenham y Northampton, MA: Edward Elgar.
- Ruggiu, D. (2019). «Models of Anticipation Within the Responsible Research and Innovation Framework: the Two RRI Approaches and the Challenge of Human Rights». *NanoEthics*, 13(1), 53-78.
- Roszak, T. (1969). *The Making of a Counter Culture: Reflections on the Technocratic Society and Its Youthful Opposition*. Garden City, NY: Doubleday.
- Rycroft, T., Trump, B., Poinssatte-Jones, K. y Linkov, I. (2018). «Nanotoxicology and nanomedicine: making development decisions in an evolving governance environment». *Journal of Nanoparticle Research*, 20, 52.
- SCENIHR [Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks] (2006). *Modified opinion (after public consultation) on: the appropriateness of existing methodologies to assess the potential risks associated with engineered and adventitious products of nanotechnologies*. Bruselas: European Commission, Health & Consumer Protection Directorate.
- Schroeder, D. y Ladikas, M. (2015). «Towards principled Responsible Research and Innovation: employing the Difference Principle in funding decisions». *Journal of Responsible Innovation*, 2(2), 169-183.

- Selin, C. (2011). «Negotiating Plausibility: Intervening in the Future of Nanotechnology». *Science and Engineering Ethics*, 17(4), 723-737.
- Shatkin, J. A., Ede, J. D. y Sayes, C. (2018). «Categorizing Nanomaterials for Health and Environmental Risk Assessment». En R. C. Pleus y V. Murashov (eds.), *Physicochemical Properties of Nanomaterials* (págs. 247-280). Singapur: Pan Stanford Publishing.
- Shrader-Frechette, K. (2007). *Taking Action, Saving Lives*. Oxford: Oxford University Press.
- Škoba, L. (2013). «Principal EU-US trade disputes». *Library Briefing – Library of the European Parliament* (22 April 2013), 130518REV1. Recuperado de http://www.europarl.europa.eu/RegData/bibliotheque/briefing/2013/130518/LDM_BRI%282013%29130518_REV1_EN.pdf. Fecha de último acceso: 22/11/2018.
- Stilgoe, J., Owen, R. y Macnaghten, P. (2013). «Developing a framework for responsible innovation». *Research Policy*, 42(9), 1568-1580.
- Stirling, A. (2016). «Addressing scarcities in responsible innovation». *Journal of Responsible Innovation*, 3(3), 274-281.
- Sunstein, C. R. (2002). *Risk and Reason: Safety, Law, and the Environment*. Cambridge y Nueva York: Cambridge University Press.
- Sutcliffe, H. (2011). *A report on Responsible Research and Innovation. (On the basis of material provided by the Services of the European Commission. Prepared for DG Research and Innovation, European Commission)*. MATTER (making new technologies work for us all). Recuperado de <http://www.matterforall.org/about-responsible-innovation/>. Fecha de último acceso: 11/04/2019.
- Swierstra, T., Stemerding, D. y Boenink, M. (2009). «Exploring Techno-Moral Change: The Case of the ObesityPill». En P. Sollie y M. Düwell (eds.), *Evaluating New Technologies: Methodological Problems for the Ethical Assessment of Technology Developments* (págs. 119-138). Dordrecht: Springer.
- t'Hart, P. (2013). «After Fukushima: Reflections on Risk and Institutional Learning in an Era of Mega-Crises». *Public Administration*, 91(1), 101-113.
- Todt, O. (2011). «The limits of policy: Public acceptance and the reform of science and technology governance». *Technological Forecasting and Social Change*, 78(6), 902-909.
- Tomellini, R. (17 de noviembre de 2003). «Is nanotechnology dangerous? 'We need to know', says Renzo Tomellini». *EurActiv: EU news and policy debates across languages*. Recuperado de <https://www.euractiv.com/section/all/news/is-nanotechnology-dangerous-we-need-to-know-says-renzo-tomellini/>. Fecha de último acceso: 23/11/2018.
- Urueña, S. (2019). «Understanding “plausibility”: A relational approach to the anticipatory heuristics of future scenarios». *Futures*, 111, 15-25.
- van Oudheusden, M. (2013). «Where are the politics in responsible innovation? European governance, technology assessments, and beyond». *Journal of Responsible Innovation*, 1(1), 67-86.

- Vilsack, T. (18 de junio de 2014). «US wants ‘science’ to settle GMO debate in trade deal with EU». *EurActiv: EU news and policy debates across languages*. Recuperado de <https://www.euractiv.com/section/science-policy/news/us-wants-science-to-settle-gmo-debate-in-trade-deal-with-eu/>. Fecha de último acceso: 22/11/2018.
- Vogel, D. (2012). *The Politics of Precaution: Regulating Health, Safety, and Environmental Risks in Europe and the United States*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- von Schomberg, R. (2013). «A Vision of Responsible Research and Innovation». En R. Owen, J. Bessant y M. Heintz (eds.), *Responsible Innovation: Managing the Responsible Emergence of Science and Innovation in Society* (págs. 51-74). Chichester: Wiley.
- Wagner, W. y Steinzor, R. (eds) (2006). *Rescuing Science from Politics: Regulation and the Distortion of Scientific Research*. Cambridge y Nueva York: Cambridge University Press.
- Walker, N. J. y Bucher, J. R. (2009). «A 21st Century Paradigm for Evaluating the Health Hazards of Nanoscale Materials?». *Toxicological Sciences*, 110(2), 251-254.
- Wickson, F. (2009). *What you should know about nano* (Policy Brief No. 8, November 2009). Canberra: The Australian Institute (TAI).
- WTO (1997). *EC Measures Concerning Meat and Meat Products (Hormones) – Complaint by the United States – Report of the Panel*, WT/DS26/R/USA, 18 August. Ginebra (Suiza): World Trade Organization.