

# GOBERNABILIDAD DEL RIESGO Y POLÍTICA DEL CONOCIMIENTO. ENMARCANDO LA CONVERGENCIA TECNOLÓGICA

Hebe Vessuri

Departamento de Estudios sobre la Ciencia  
Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC)

## I. LOS RIESGOS DE LA TECNOLOGÍA

Hoy en día vivimos en un mundo en el que percibimos más y más riesgos y peligros. Las tendencias se asocian a la expansión demográfica y la urbanización, y se perciben como un aumento de la incertidumbre debido a la interconectividad y a los rápidos cambios globales, a los fuertes vínculos entre los riesgos físicos, económicos y sociales, al aumento de la vulnerabilidad con respecto a los riesgos tecnológicos, sociales y naturales de potencial catastrófico, a la incertidumbre con respecto a los patrones y la frecuencia de desastres naturales debidos al cambio global, al aumento exponencial en los pagos de seguros para compensar a las víctimas de tales desastres, a la emergencia de “nuevos” desastres sociales (terrorismo, desencanto, sublevaciones, *stress*, aislamiento, depresión), a la creciente importancia de las connotaciones simbólicas de los riesgos, y al elevado potencial tanto para la amplificación como para la atenuación social de todo lo anterior.

En un estudio reciente sobre la gestión de los riesgos publicado por el Consejo Internacional de Gobernabilidad del Riesgo (IRGC), Renn (2005) sostiene que la evaluación de los riesgos enfrenta tres desafíos principales que pueden ser descriptos usando los términos de ‘**complejidad**’, ‘**incertidumbre**’ y ‘**ambigüedad**’. Los desafíos no se relacionan tanto con las características intrínsecas de los riesgos mismos sino más bien con el *estado y la calidad del conocimiento disponible* acerca de riesgos y peligros. Dado que los riesgos son constructos mentales, la calidad de su poder explicativo depende de la exactitud y validez de sus predicciones (reales). A diferencia de otros constructos científicos, validar los resultados de las evaluaciones de riesgos resulta algo particularmente difícil porque, en teoría, se necesitaría esperar indefinidamente para verificar si las probabilidades asignadas a un logro específico fueron correctamente evaluadas.

La **complejidad** se refiere a la dificultad de identificar y calificar vínculos causales entre una multitud de agentes causales potenciales y efectos observados específicos. La naturaleza de esta dificultad puede rastrearse a efectos interactivos entre estos agentes (sinergismo y antagonismos), largos períodos de retardo entre causa y efecto, variación inter-individual, variables intervinientes, y otras. La **incertidumbre** es diferente de la complejidad pero a menudo resulta de una reducción incompleta o inadecuada de la complejidad en la modelación de las cadenas de causa-efecto. En el contexto de la evaluación de riesgos es esencial reconocer que el conocimiento humano es siempre incompleto y selectivo, y de esta forma contingente en cuanto a supuestos, afirmaciones y predicciones inciertas (Funtovicz & Ravetz, 1992). Mientras que la incertidumbre se refiere a la falta de claridad respecto a la base científica o técnica para la toma de decisiones, la **ambigüedad** (interpretativa y normativa) es un resultado de perspectivas divergentes o competitivas sobre la justificación, severidad y ‘significados’ más amplios asociados con una cierta amenaza. En la perspectiva de la gobernabilidad del riesgo, la ambigüedad se entiende como “dando lugar a varias interpretaciones significativas y legítimas de resultados de evaluaciones de riesgos aceptados”.

Así pues por primera vez en la historia moderna el conocimiento, que ha sido casi universalmente considerado como un bien público que debe ser apoyado, genera

riesgos y peligros antes impensados como consecuencia del vertiginoso desarrollo tecnocientífico, y por consiguiente la percepción del desarrollo tecnológico incorpora componentes de incertidumbre, ambigüedad y complejidad al mismo tiempo que surge cada vez con mayor fuerza la necesidad de aplicar el principio de precaución en la evaluación y manejo de riesgos que pudieran resultar del propio desarrollo científico-técnico. Examinemos más de cerca este fenómeno con un ejemplo concreto.

## II. EL CASO DE LAS NANOTECNOLOGÍAS Y LA CONVERGENCIA TECNOLÓGICA

Las nanotecnologías (NnT) son un conjunto de técnicas que se utilizan para manipular la materia a escala de átomos y moléculas. *Nano* no es un objeto sino una medida. A diferencia de la biotecnología, donde "bio" indica que se manipula la vida, las NnT nos hablan de una escala. Un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro. El verdadero poder de las ciencias de lo nanoscópico reside en la convergencia que se observa como tendencia de la biotecnología, las neurociencias, la informática, la robótica y otras tecnologías (Nordmann, 2004; Ribeiro, 2005). Pese a que la nanotecnología ya está ampliamente en contacto con nuestra vida cotidiana, son pocos los estudios sobre sus potenciales efectos negativos en materia de salud y ambiente, y más escasos aún son los referidos al impacto político, militar y en las economías, sobre todo de los países del sur.

La constitución social de las tecnologías convergentes plantea un número de cuestiones, en particular (a) las consecuencias inesperadas y (b) los intereses de quienes poseen y controlan las nuevas tecnologías. El volumen y la historia de las transnacionales implicadas en el desarrollo de la nanotecnología hacen pensar que la batalla por los mercados quedará en manos de las más grandes y agresivas. El factor crucial *a priori* será quién controlará las patentes sobre aspectos claves para el desarrollo de la nanotecnología. Entre 2000 y 2003, las patentes nanotecnológicas otorgadas por la Oficina de Marcas y Patentes de los Estados Unidos aumentaron 50 por ciento, llegando a 8630 en 2003.<sup>1</sup> Los cinco países que lideran la carrera son Estados Unidos (5228 patentes), Japón (926), Alemania (684), Canadá (244) y Francia (183). Las cinco corporaciones con mayor número de patentes son IBM, Micron Technologies, Advanced Micro Devices, Intel y la Universidad de California. Actualmente, junto a un número de empresas pequeñas que comenzaron con sectores de la industria nanotecnológica, se encuentran otras como Exxon Mobil, IBM, Dow Chemicals, Xerox, 3M, Alcan Aluminium, Johnson & Johnson, Hewlett-Packard, Lucent, Motorola, Sony, Toyota, Hitachi, Mitsubishi, NEC, Toshiba, Phillips, Eli Lilly, DuPont, Procter & Gamble, Kraft Foods, General Mills, Nestlé, PepsiCo, Sara Lee, Unilever, ConAgra, L'Oreal, Bayer, BASF. Hacia el año 2014 se espera que el mercado de la nanotecnología sea del orden de 2.6 billones de dólares americanos, equivalentes a 10 veces el de la biotecnología e igual a la suma combinada de los mercados de la informática y las comunicaciones.

El interés demostrado por las transnacionales en una etapa tan temprana del desarrollo de las nanotecnologías obedece a su promesa, ya que responden a propósitos muy variados, con aplicaciones o impactos sobre grandes porciones de la sociedad y la economía, con mucho espacio para mejoras inicialmente, con fuertes complementariedades con otras tecnologías, y debido a los efectos de largo plazo sobre los valores, con repercusión potencial sobre las estructuras de poder y las ideas. Incluso si la nanotecnología se quedara en su primer estadio —la fabricación de *nanopartículas* de diferentes elementos— se espera que tenga impactos económicos impresionantes. No sólo mediante las patentes, sino también por la sustitución de

---

<sup>1</sup> Según un informe especial del Grupo ETC, titulado *Las patentes de nanotecnología más allá de la Naturaleza. Implicaciones para el sur global*.

materias primas. Las nuevas aleaciones de metales con *nanotubos*<sup>2</sup> y otras nanopartículas están cambiando la aeronáutica, la construcción de automóviles y otras industrias. Ya está avanzada la sustitución del caucho en el área de los neumáticos y del algodón en cuanto a los textiles. En el caso del algodón con la fabricación de tejidos sintéticos más resistentes y, a diferencia del nylon, con la sensación de suavidad y frescura de las fibras naturales. ¿Cuál es el problema? Además de los efectos desconocidos de su interacción con el medio y los organismos (Swiss Re, 2004),<sup>3</sup> en la producción y quizá también en el uso, casi con seguridad tendrá un fuerte impacto económico negativo sobre los países productores de algodón (Ribeiro, 2005; Etc Group, 2005; Foladori e Invernizzi, 2005).

De hecho, todo lo vivo y lo no vivo está compuesto de átomos y moléculas, y es potencialmente susceptible de ser modificado, manipulado o recreado, transformando sus propiedades y encontrando nuevos usos. La nanotecnología se considera una "plataforma tecnológica" sobre la cual se puede transformar drásticamente el actual estado del arte de casi todos los sectores industriales, incluyendo las áreas biomédica, farmacéutica, cosmética, informática, aeronáutica, automotriz, textil, del caucho, agrícola, alimentaria, de la construcción, la industria química y de materiales, etc. En el mercado existen ya unos 500 productos que usan nanotecnología: protectores solares, cosméticos, aditivos alimentarios, plaguicidas, textiles (por ejemplo en camisas y pantalones), barnices, recubrimientos y membranas que se aplican a artículos del hogar, chips electrónicos, sensores y dispositivos para diagnóstico. La Fundación Nacional de la Ciencia (NSF) de los Estados Unidos estima que en 2012 la mitad de la industria farmacéutica se basará en la nanotecnología (Roco, 2005).

Si los productos que ya están en el mercado generan alarma porque se soslayan sus posibles impactos negativos en la salud y el ambiente, los impactos económicos y de formación de nuevos monopolios trans-sectoriales deberían suscitar más incertidumbres todavía. Para entender de forma simplificada cómo nos afectarán las patentes nanotecnológicas pensemos que fuera posible patentar la letra 'a'. En ese caso, todos los que usen esa letra deberían obtener permiso y pagar regalías al dueño de la patente. El patentamiento de elementos, átomos o construcciones moleculares tendría ese efecto. Cuanto más pequeño es el objeto de la patente, mayores pueden ser los campos que afecta. El premio Nóbel de Física Glenn Seaborg sentó un peligroso precedente al patentar en 1964 dos elementos de la tabla periódica: el Americio (95) y el Curio (96).

En un informe conjunto de la *Royal Society* y la *Royal Academy of Engineering del Reino Unido de 2004*, se concluye que las nanopartículas y los nanotubos se deben considerar como nuevas entidades químicas, y como tales deben ser objeto de evaluación y precaución. Cientos de productos que contienen nanotubos o nanopartículas de diferentes elementos circulan en el mercado sin etiquetado ni advertencia, ya que prácticamente no existen regulaciones sobre este tipo de partículas. Es preocupante porque pueden estar en contacto con nuestra piel, por medio de cosméticos y bloqueadores solares; también en los campos agrícolas, como

---

<sup>2</sup> Un *nanotubo* es una fibra hueca construida a partir de la estructura molecular del carbono C60, el cual, por sus propiedades únicas de alta resistencia, conductividad eléctrica, conductividad térmica y elasticidad, se usa en numerosas industrias, desde la electrónica y la ingeniería de materiales hasta la industria biomédica.

<sup>3</sup> Ver, por ejemplo, el capítulo 3 del documento producido por esta reputada compañía aseguradora que acabamos de citar, referido a "*Through the human body: do all routes lead into the blood?*", sobre inhalación de nanopartículas, absorción de partículas a través de la piel, absorción de partículas a través del canal alimenticio, nanopartículas en el cuerpo, e interacción con procesos biológicos.

plaguicidas nanoencapsulados; en nuestros refrigeradores, como aditivos alimentarios, y en nuestro cuerpo, como vehículos para la administración de medicamentos. Además, están presentes en materiales que componen muchos objetos de uso cotidiano, como prendas de vestir (camisas y pantalones "que no se manchan"), artículos de cocina de teflón, filtros de lavarropas, coberturas de hornos, neumáticos de automóviles, pantallas de televisión, teléfonos celulares y muchos más.

Aunque en la naturaleza existen nanopartículas, por ejemplo, en cenizas volcánicas o en nanocristales de sal en el aire del océano, nunca antes habíamos estado expuestos a las nanopartículas artificiales que se están produciendo ahora. Uno de los problemas es el tamaño de tales nanopartículas. Con la miniaturización aumenta la superficie de contacto, y por tanto el potencial reactivo o catalítico de los elementos. Mientras más pequeña es una partícula mayor es su reactividad, por lo que una sustancia que es inerte e inocua en la escala macro o micro puede mostrar características dañinas en la escala nano. Por su tamaño, pueden penetrar a través de la piel y llegar así al torrente sanguíneo, sin que el sistema inmunológico las reconozca. Al entrar en contacto con los tejidos vivos, las nanopartículas pueden dar origen a la aparición de radicales libres, causando con ello inflamación o daño a los tejidos, y propiciando posteriormente el crecimiento de tumores (Borm, 2004).

### III. LAS PERSPECTIVAS PARA LA GOBERNABILIDAD DEL RIESGO

#### La ciencia en la economía del conocimiento

Los países más industrializados usan la ciencia para controlar la economía mundial, convirtiéndola en negocio. Muchos países en desarrollo no entienden la importancia de apoyar la ciencia. El problema es particularmente agudo cuando gobiernos débiles no desarrollan su propia ciencia para salvaguardar la soberanía y la capacidad de decisión autónoma en beneficio de la sociedad. Vivimos en sociedades crecientemente fragilizadas. La matriz específica del contexto cambia rápidamente; como resultado, por ejemplo, de la pérdida de poder en general de instituciones sociales modernas y cruciales, como el Estado, la iglesia, las corporaciones y la ciencia, aunque pese a sus crecientes debilidades éstas continúan presentándose a sí mismas como sistemas de control social efectivo.

El mayor riesgo en esta materia es el de la ignorancia. Al igual que ha sucedido con el caso de los organismos transgénicos, pero en una escala mucho mayor porque toca prácticamente todos los sectores industriales, las empresas y los gobiernos con frecuencia ignoran el **principio de precaución** que debería guiar la liberación al consumo y al medio ambiente de compuestos construidos artificialmente y sin evaluación de sus potenciales impactos negativos. Nuestros países latinoamericanos no pueden quedar al margen de esta revolución científico-técnica en ciernes, aunque sea sólo porque se necesita desarrollar instrumentos adecuados de regulación y monitoreo para asegurar la protección de la población y de la naturaleza.<sup>4</sup> Basta ver

---

<sup>4</sup> Un ejemplo de la falta de debate público de estos desarrollos, es la firma de un 'acuerdo ejecutivo' en junio de 2005 por parte del gobierno de México, en el marco de la Alianza para la Seguridad y Prosperidad de América del Norte (ASPAN), para que el país participe en experimentos de nanotecnología y biotecnología con Estados Unidos y Canadá en el contexto de *seguridad*. Se trata de áreas dominadas principalmente por la industria bélica estadounidense, que abarcan desde las patentes médicas a la producción artificial de alimentos. González Amador, R. (2005) Abre el gobierno la puerta a los experimentos con nanotecnología. *La Jornada*, 31 de julio.

cómo las transnacionales farmacéuticas se comportan frente las necesidades de salud pública, sobre todo en el tercer mundo.

Los riesgos para los países en desarrollo son enormes, cuando se carece aún de regulación a escala mundial y los intereses de las empresas multinacionales dirigen el rumbo de estas nuevas tecnologías en alimentos, cosméticos y medicamentos, entre otros productos, con un uso tan vasto de un instrumento de apropiación monopólica como en el caso de las patentes nanotecnológicas (Etc Group, 2005). Los argumentos apologeticos sobre las promesas benéficas, tales como hipotéticos ahorros de energía y de recursos, o aplicaciones médicas, o de beneficio para los pobres, deberían ser sometidos a escrutinio cuidadoso en vista de las experiencias del pasado. En este sentido, se plantean elecciones de política para los gobiernos con relación a las tecnologías convergentes. ¿Debiera el Estado comprar la idea, haciendo así de las tecnologías convergentes un bien público, y en tal caso, en qué etapa? ¿Puede o debe el Estado no comprarla? ¿Debiera haber un “espacio neutral” más allá del alcance del Estado para la experimentación y el desarrollo antes de que se tomen decisiones de política pública acerca de tecnologías particulares? ¿Es posible determinar los impactos de la tecnología sobre la cultura, y viceversa?

### **Gobernabilidad del riesgo**

Los esfuerzos relacionados con el uso de la ciencia y la tecnología para el logro de la sustentabilidad ambiental y económica son relativamente nuevos porque el sistema científico y la sociedad, como un todo, durante mucho tiempo no podían imaginar que seríamos capaces de amenazar las fundaciones mismas de nuestra existencia. Se vuelve difícil generar escenarios robustos para la política del conocimiento y éstos no son de ninguna manera obvios (Stehr, 2005). Con el aumento en la capacidad de la ingeniería y la ciencia aplicada para construir sistemas crecientemente complejos, los ingenieros, científicos y gerentes han abierto cada vez más la caja de Pandora de la complejidad tecnológica. Como resultado, están teniendo que responder a una *crisis de control*. La expansión irrestricta del conocimiento científico conduce a demandas de que el nuevo conocimiento y su impacto sean regulados, gestionados de alguna manera, o incluso suprimidos. (OECD, 2003)

Los riesgos deben ser manejados de manera explícita y sistemática. Entre las preguntas necesarias de formular en este nuevo campo del quehacer científico-técnico están las siguientes: ¿Cuán fuerte es la base de conocimiento? ¿Qué nuevas investigaciones serían las más importantes? ¿Es posible internalizar el riesgo y la vulnerabilidad en evaluaciones más ampliamente integradas? ¿Qué enfoques sintéticos importantes han evolucionado? El riesgo y la vulnerabilidad han sido concebidos erróneamente. Aparecen en lo residual, o en lo que queda del análisis de los impactos. En cambio, debieran estar en el frente y el centro mismo, y ser analizados antes de evaluar los impactos.

Con relación a la necesaria evolución de un marco regulatorio, hay un serio déficit de conceptualización adecuada. Falta claridad acerca de los riesgos, y hay dificultades para aprehender su naturaleza, así como una ausencia de resultados de estudios de impacto acerca de las implicaciones de la meta-convergencia industrial, e ignorancia de las implicaciones legales y de la contraparte financiera de los seguros. Además, si el exceso de regulación tiene un efecto negativo sobre la innovación, la ausencia de regulación daña directamente al mercado (Dupuy & Roure, 2004).

### **La gestión de la complejidad**

La base de conocimiento acerca de estos asuntos es altamente dispareja, constreñida y limitada por el estado subdesarrollado del campo y por la carencia de un marco conceptual general para integrar el conocimiento fragmentario al respecto. Es difícil

encontrar marcos conceptuales comunes cuando se tratan diferentes contextos y arenas de riesgos, y cuando hay diferentes áreas y escalas de análisis y distintas fuentes teóricas de los abordajes metodológicos. No obstante, los incipientes marcos conceptuales se están haciendo más amplios en sus bases y más sintéticos e integrados en sus enfoques, permitiéndonos esperar innovaciones gerenciales que surjan de esta actividad de construcción de sistemas.

Será necesario movilizar la ciencia y las tecnologías apropiadas, de manera que se eviten las trampas de agendas de investigación y desarrollo particularistas tanto de los propios grupos de científicos, como de las instituciones o grupos industriales, y contar con instituciones que seleccionen la experticia más apropiada disponible. Esto significa que la política de desarrollo científico y tecnológico a seguir deberá tener un pie en la definición política del problema, y el otro en el mundo de la ciencia y la tecnología. Los científicos debieran preocuparse por la percepción social de los riesgos. Tal como lo demostró el caso de los alimentos genéticamente modificados, el público puede preocuparse mucho y boicotear nuevos productos sin que necesariamente tenga una evidencia cuantificada acerca de los riesgos. “*Lo que el hombre desea no es conocimiento sino certeza*”, afirmó en algún momento Bertrand Russell. Los responsables de las políticas nacionales no pueden producir certezas, pero pueden ayudar a la gente a desarrollar mecanismos para manejar con prudencia la incertidumbre inevitable que se requiere para que las sociedades puedan progresar.

### Referencias

- Borm, P.J.A. (2004) Nanomaterials: potential human health risks and benefits. Nanotechnology Conference. Swiss Re Centre for Global Dialogue, Ginebra, 6-7 diciembre.
- Dupuy, J. P. & Roure, F.(2004). *Les nanotechnologies: éthique et prospective industrielle*. Tomo 1. Conseil Général des Mines et Conseil Général des Technologies de l'Information. Section “Innovation et Entreprise”, Paris, 15 de noviembre, 73 págs.
- Etc Group (2005) *Nanotech's “Second Nature” Patents: Implications for the Global South*. March/April and May/June, ETC Group Special Report -. Communiqués No. 87 y 88. <http://www.etcgroup.org>
- Foladori, G. y N. Invernizzi (2005) Nanotecnología: ¿beneficios para todos o mayor desigualdad? *Redes 21*, vol. 11, N 21, mayo, Buenos Aires, págs. 19-54.
- Funtowicz, S. & J. Ravetz (2002) Three types of risk assessment and the emergence of post-normal science. En: S. Krimsky y D. Golding (eds.) *Social Theories of Risk*. Praeger. Londres.
- Nordmann, A. (rapporteur) (2004) *Converging Technologies –Shaping the Future of European Societies*. S&T Foresight Unit of Research Directorate General, Directorate K- Social Sciences and Humanities, Foresight. European Communities. Bruselas.
- OECD (2003) *Emerging Risks in the 21st Century – An Agenda for Action Report*. OECD Publications. Paris.
- Renn, O. (2005) *White Paper on Risk Governance. Towards an Integrative Approach*. International Risk Governance Council, Ginebra.
- Roco, M. C. (2005) The challenge of transforming and responsible nanotechnology. Trabajo presentado en el North-South Dialogue on Nanotechnology. Trieste. UNIDO, febrero 10.

Ribeiro, S. (2005) Los problemas de la nanotecnología. Serie de artículos basados en el trabajo colectivo del Grupo Etc. *La Jornada*, México, 29 de septiembre y 4 de octubre.

Royal Academy & Royal Society of Engineering (2004) *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*. Londres.  
[www.royalsoc.ac.uk/policy](http://www.royalsoc.ac.uk/policy) y también en [www.raeng.org.uk](http://www.raeng.org.uk)

SciDev.Net (2005) *Quick Guide on Nanotechnologies*. [www.scidev.net](http://www.scidev.net)

Stehr, N. (2005) *Knowledge Politics. Governing the Consequences of Science and Technology*. Paradigm Publishers, Boulder y Londres.

Swiss Re (2004) *Nanotechnology. Small matter, many unknowns*. Serie Percepción de Riesgos. [www.swissre.org](http://www.swissre.org)