

Nanotecnologías: para ir avanzando en nuestra reflexión

Jorge Riechmann

- “Cada diez años más o menos se nos bombardea con noticias sobre las maravillas de una nueva tecnología que promete ser la solución definitiva a todos los males de la sociedad.
- Una vida mejor gracias a la química. Energía tan barata que no merecerá la pena instalar contadores. Cultivos manipulados genéticamente para aliviar el hambre.
- La nanotecnología --la manipulación de la materia a escala atómica y molecular-- es el último de estos milagros tecnológicos, y sus promotores prometen la revolución industrial más importante y más *verde* de la historia.” Hope Shand y Kathy Jo Wetter, “La ciencia en miniatura: una introducción a la nanotecnología”, en Worldwatch Institute: *La situación del mundo 2006*, Icaria, Barcelona 2006, p. 163.

- “Entre los portentos, se nos pinta un resplandeciente futuro en el que (¡una vez más!) todas las enfermedades que aquejan a los seres humanos serán erradicadas y, con un poco de suerte, hasta se podrá alcanzar la inmortalidad (se entiende la del cuerpo, ya que la del alma despierta mayores dudas en algunos).
- Entre las profecías catastróficas, la más llamativa es la conocida como ‘plaga gris’ [Grey Goo], la predicción de que diminutos robots, invisibles y descontrolados, se autorreplicarán hasta el punto de poner en peligro la energía y la materia a nivel planetario. Con la extensión velocísima e imparable de la plaga se pondría fin a la Humanidad, junto con el resto de los seres vivos y la propia perdurabilidad física de la Tierra.” José Manuel de Cózar, “Nanotecnologías: promesas dudosas y control social”, número 6 de la *Revista de la OEI*, mayo-agosto de 2003.
- Lo que tenemos sobre la mesa son **promesas (de beneficios) y advertencias (sobre riesgos) enormemente contradictorias.**

- Un nanómetro: la millonésima parte de un milímetro.
- 0'1 nm es el tamaño de un átomo de hidrógeno. En un nanómetro podríamos alinear apretadamente una decena de estos átomos.
- 100 nm es, más o menos, la longitud de onda de la luz visible.
- Nanoescala: entre 1 y 100 nm.

- 1981 --con la invención del microscopio de “efecto túnel”, un primer *nanoscopio* al que seguirán otros-- puede tomarse como punto de partida. A partir de entonces, será posible la manipulación precisa a escala nanométrica.
- Veinte años después, en 2001, EE.UU. lanzó su National Nanotechnology Initiative. Fin de la fase puramente científica y comienzo de la era “nanotecnocientífica”.

- “En principio, la nanociencia se dedica al estudio de las propiedades de los objetos y fenómenos a escala nanométrica, mientras que la nanotecnología se ocuparía de la manipulación ‘controlada’ y producción de objetos materiales, instrumentos, estructuras y sistemas a dicha escala.
- Sin embargo, la separación entre una ciencia pura que sólo persigue un mejor conocimiento de lo inmensamente pequeño y lo que serían sus aplicaciones tecnológicas no es ni mucho menos tan nítida (...).”

- “Podemos emplear la expresión (por desgracia, carente de elegancia) *nanotecnociencia* para referirnos a la investigación y desarrollo a escala nanométrica, independientemente de que sea conducida por científicos, ingenieros o tecnólogos.
- De hecho, desde el punto de vista de la política científica y del beneficio empresarial, la investigación científica --la nanotecnología no es una excepción— se encuentra claramente orientada a la consecución de conocimientos, habilidades y procedimientos que redunden en productos de valor estratégico bien comercial, bien para la seguridad del Estado: **vigilancia, control, espionaje, ‘defensa’...**” José Manuel de Cózar, “Nanotecnologías: promesas dudosas y control social”, número 6 de la *Revista de la OEI*, mayo-agosto de 2003

- aparecen efectos cuánticos
- la termodinámica se altera
- la reactividad química se modifica
- la superficie gana importancia cuanto más pequeño se hace el material.
- “La nanotecnología no es una continuación de la microtecnología. Al reducir el tamaño, se modifican o aparecen nuevas propiedades físicas...”

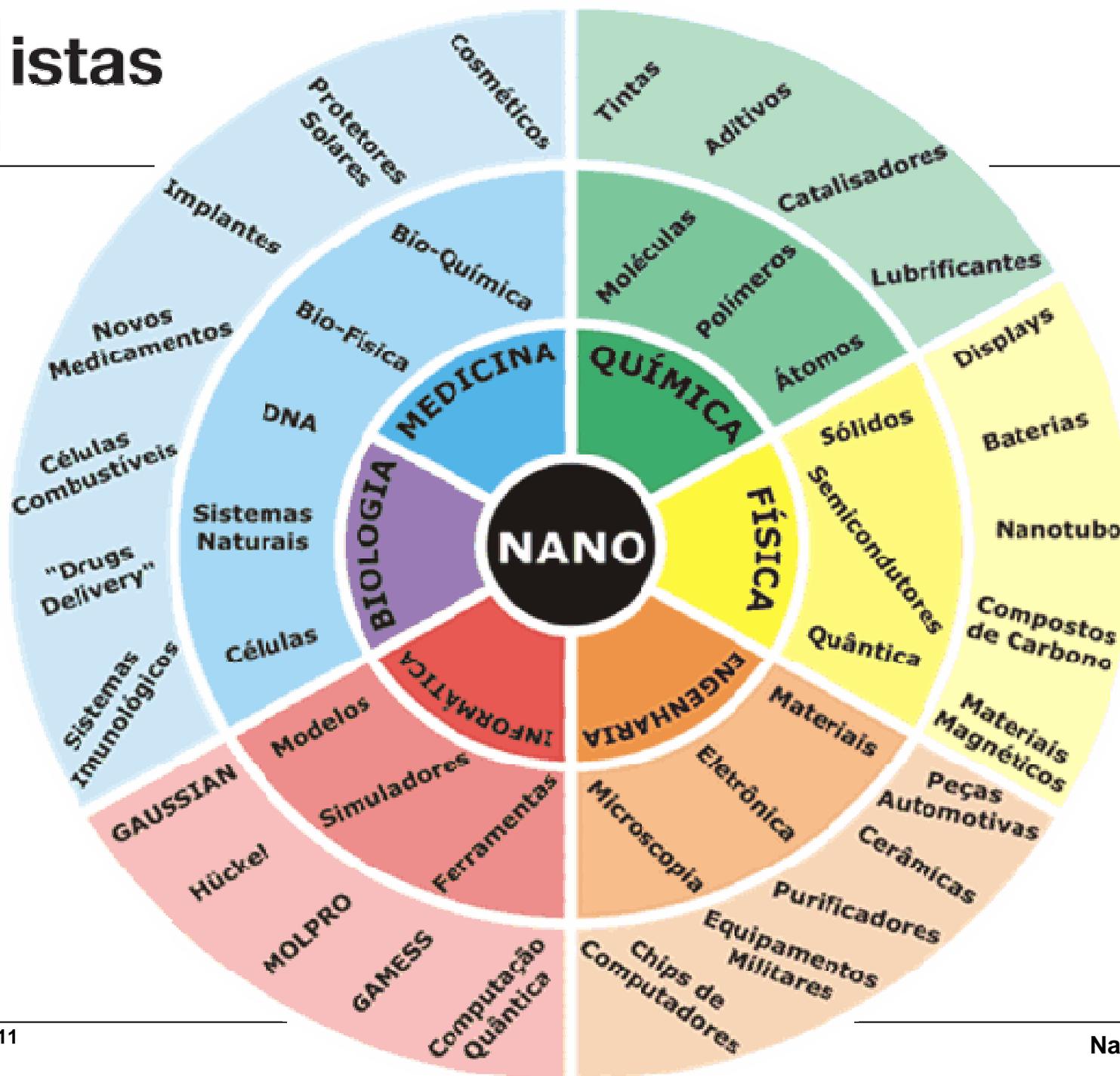
Ana Cremades, “Introducción a la nanociencia y las nanotecnologías”, en el curso “Nanotecnologías: sociedad, salud y medio ambiente”, Facultad de CC. Químicas de la UCM, 3 al 5 de marzo de 2008.

Se trata de una plataforma tecnológica

- No es un sector industrial, sino toda una gama de técnicas para manipular la materia a escala nanométrica.
- En la escala “nano” la constitución de la materia es común a todas las ciencias (física, química, biología, etc). Éste es el fundamento de la posible **convergencia tecnológica** (“nano-bio-info-cogno/ neuro”).
- Se trata de una **plataforma tecnológica** (a veces se habla también de “**tecnologías invasivas**”): puede alterar el desarrollo no sólo de uno, sino de todos los principales sectores industriales.
- El Centro por la Nanotecnología Responsable (Center for Responsible Nanotechnology) indicó en un informe en 2006 que el desarrollo de las nanotecnologías puede ser “comparable quizás a la Revolución Industrial – pero comprimido en unos cuantos años.”

- **Aplicaciones estructurales, nuevos materiales:** cerámicas y materiales nanoestructurados, nanotubos, recubrimientos con nanopartículas...
- **Procesamiento de la información:** nanoelectrónica, optoelectrónica, materiales magnéticos...
- **Nanobiotecnología y nanomedicina:** encapsulado y dosificación dirigida de fármacos...
- **Sensores**
- **Procesos catalíticos y electroquímicos**
- **Aplicaciones a largo plazo:** sistemas para computación cuántica, autoensamblado molecular, interacción de moléculas orgánicas con superficies... Pedro Amalio Serena Domingo: "Nanociencia y nanotecnología: aspectos generales", *Encuentros multidisciplinares* 12, UAM, Madrid, septiembre-diciembre 2002, p. 8.
- La diapositiva siguiente (en portugués) está tomada de la ponencia de Paulo Martins en el curso "Nanotecnologías: sociedad, salud y medio ambiente", Facultad de CC. Químicas de la UCM, 3 al 5 de marzo de 2008.

10/03/2008



- Según la compañía de servicios de investigación y consultoría RNCOS, más de 6.400 millones de euros se dirigieron a la investigación nanotecnológica en 2005 y las inversiones aumentan considerablemente cada año que pasa. RNCOS, *El mercado mundial de la nanotecnología en 2006*
- EE.UU. es el mayor inversor en nanotecnología: en 2005 acaparaba el 27% del mercado mundial, seguido muy de cerca por el japonés, con más del 24% de participación.
- La Iniciativa Nacional de Nanotecnología en EE.UU. fue financiada con 5.000 millones de dólares en I+D sólo en el quinquenio 2001-2005, convirtiéndose en el esfuerzo investigador con mayor financiación pública desde el lanzamiento del Apolo a la Luna. Un tercio del presupuesto se destina a investigaciones directamente **militares**. LuxResearch: *The Nanotech Report 2004. Investment Overview and Market Research for Nanotechnology (Third Edition)*. Lux Research Inc, New York 2004.

10/03/2008

- La UE también tiene un cuarto de la cuota de mercado, con una mayor inversión de alemanes, británicos y franceses.
- El resto de la cuota es para chinos, coreanos, canadienses y australianos.
- El mercado de nanotubos de carbono creció un 64% en 2006 (datos de Lux Research).
- Las previsiones de la industria para 2014 asignan a la producción comercial que utiliza este conjunto de tecnologías el 15% del total mundial de manufacturas (esto representa diez veces el valor de la producción biotecnológica, y tanto como la industria informática y las telecomunicaciones juntas). Nota de prensa de Lux Research, “Revenue from nanotechnology-enabled products to equal IT and telecom by 2014, exceed biotech by 10 times”, Nueva York, 25 de octubre de 2004. Véase además Lux Research: *The Nanotech Report*, 4th Edition. Lux Research Inc, New York 2006.

10/03/2008

- “La estimación de la inversión en nanotecnología que se hace en España es una verdadera incógnita debido a la existencia de múltiples agencias financieras y la ausencia de una entidad que centralice los datos.
- ‘Si atendemos a la inversión atribuida a los años 2004, 2005 y 2006 dentro del anterior Plan Nacional de I+D+i se puede hablar de 16 millones de euros en subvenciones y otros 18 millones en préstamos a empresas’, explica Pedro Serena, investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y colaborador del Ministerio de Educación y Ciencia dentro del Área de Nanotecnología.
- ‘Pero a esto hay que añadirle partidas millonarias dentro del Plan Ingenio 2010, los fondos de las comunidades autónomas y de la Unión Europea’, prosigue.” Álvaro de Cózar, “Pensar en pequeño para crear a lo grande”, *El País*, 18 de febrero de 2008.

- Faltaría cuantificar la inversión de las propias empresas.
- El número de compañías españolas especializadas en nanotecnología no llegaba a la decena en 2005. Según datos que maneja el Instituto IMDEA-Nanociencia, fundado en 2007 (el único que existe por ahora en España, dirigido por el catedrático de la UAM Rodolfo Miranda, y en el que colaboran la Comunidad de Madrid y el Ministerio de Educación y Ciencia). IMDEA son las siglas de Instituto Madrileño de Estudios Avanzados.

- “Todo este desarrollo promete un impacto social y económico mayor en varios órdenes de magnitud que el proporcionado por la tecnología ‘submicrométrica’ que es la base de la electrónica moderna y de las amplias capacidades de telecomunicación que existen actualmente”.
Tomás Torres Cebada, “Nanoquímica y nanotecnología”, *Encuentros multidisciplinares* 12, UAM, Madrid, septiembre-diciembre 2002, p. 20
- Hoy, **la sociedad no está preparada para una revolución tecnológica de semejante envergadura.**
- La experiencia del pasado --con las oleadas de innovación química, nuclear, microelectrónica y biotecnológica-- indica que **el momento para tratar de encauzar el desarrollo de la nanotecnología es ahora.**
- “Ahora” quiere decir: antes de dar el salto desde los laboratorios a la producción masiva.

- ¿Quién controlará la nanotecnología?
- ¿Quién se beneficiará, quién saldrá perdiendo?
- ¿Implicará nuevos riesgos para la salud humana y el medio ambiente?
- Los problemas de cohesión social, exclusión y desigualdades se plantean, ya hoy, a escala mundial.
- “De continuar la actual tendencia, la nanotecnología aumentará el abismo entre ricos y pobres y consolidará el poder económico de las compañías multinacionales.” Hope Shand y Kathy Jo Wetter, “La ciencia en miniatura: una introducción a la nanotecnología”, en Worldwatch Institute: *La situación del mundo 2006*, Icaria, Barcelona 2006, p. 166.

- **De todo lo factible...**
- **¿qué es realmente útil, deseable y necesario?** (En una perspectiva de necesidades humanas básicas, justicia social y sostenibilidad.)
- **¿Qué cambios tecnológicos contribuyen realmente a la buena vida de los seres humanos?**
- Por ejemplo: un líquido con nanocápsulas que se vendería embotellado, y que podría transformarse en diferentes tipos de bebida a gusto del consumidor (vino, cerveza, gaseosa, cola, etc.)... Ejemplo de Paulo Martins en el curso “Nanotecnologías: sociedad, salud y medio ambiente”, Facultad de CC. Químicas de la UCM, 3 al 5 de marzo de 2008.
- ¿supone una aplicación deseable de la nanotecnología?
- ¿O cabe dedicar los recursos y la inventiva humana a fines mejores?

¿Quién decide?

- "Todos los posibles 'usos indeseados' y riesgos asociados a la nanotecnociencia tienen que ver de una u otra forma con la cuestión central de quién toma las decisiones.
- Como se repite una y otra vez, es iluso pensar que los riesgos y dificultades que nos rodean pueden ser eliminados por completo. Pero lo que se encuentra en juego es la propia capacidad de decisión sobre ellos.
- Es decir, quiénes definen los riesgos y problemas, en qué términos, cuáles van a asumirse voluntariamente y cuáles se valora que es mejor no hacerlo, qué prioridades se van a establecer para minimizarlos o resolverlos, cuáles van a ser los medios a emplear, etc." José Manuel de Cózar, "Nanotecnologías: promesas dudosas y control social", número 6 de la *Revista de la OEI*, mayo-agosto de 2003.

- **Las propiedades** de estas novedosas nanopartículas y nanoestructuras **son todavía, en gran parte, desconocidas.**
- **Se conjetura que con algunas de estas propiedades** (por ejemplo: superficie altamente reactiva de los nanomateriales; su habilidad para atravesar membranas) **podría vincularse un grado potencialmente elevado de toxicidad.** The Royal Society: *Nanosciences and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*, Londres 2004, p. 35.
- Se sabe que las nanopartículas, una vez en el organismo humano, pueden atravesar la barrera hematoencefálica, que evita que sustancias potencialmente tóxicas en el torrente sanguíneo entren en el cerebro.

- “Convencidos de que la convergencia tecnológica a escala nano ‘es el futuro’, los países que lideran este sector --en particular EE.UU., Japón y algunos países europeos-- se han embarcado en una carrera para asegurarse una posición ventajosa, relegando a un segundo plano las consideraciones sanitarias y ambientales y dejando para más adelante las cuestiones socioeconómicas. La normativa, si no puede evitarse, pretenden que sea voluntaria para no entorpecer el desarrollo comercial de la I+D nanotecnológica.” Hope Shand y Kathy Jo Wetter, “La ciencia en miniatura: una introducción a la nanotecnología”, en Worldwatch Institute: *La situación del mundo 2006*, Icaria, Barcelona 2006, p. 188.
- Si en la nanoescala aparecen propiedades nuevas, ¿cómo puede defenderse que no hace falta una regulación específica?

¿Riesgos de nuevo tipo?

- Pese a que todos los expertos coinciden en que la materia, a nanoescala, muestra propiedades muy diferentes que en las escalas micro, meso y macro;
- y que las nanopartículas pueden penetrar a través de poros donde otras partículas serían retenidas,
- ¡sin embargo **se están usando nanopartículas en una amplia variedad de productos comerciales a partir de licencias para el material a escala macro!** Desde raquetas de tenis a cosméticos...

- No es exagerado hablar, como hace la UNESCO, de una “carrera hacia la comercialización” de aplicaciones. UNESCO: *The ethics and politics of nanotechnology*, París 2006, p. 12.
- Fue en 2005 cuando, por primera vez, las inversiones privadas en I+D superaron a los fondos públicos; lo cual indica que las empresas que trabajan en este ámbito consideran un hecho que sus investigaciones se van a transformar en mercancías que permitan recuperar el capital invertido.

Uno de los primeros incidentes con nanopartículas

- El spray de limpieza NanoMagic de Kleinmann, en Alemania, causó intoxicación a un centenar de personas en abril de 2006 y fue retirado del mercado.
- La investigación posterior (en el Swiss Federal Institute of Technology de Zurich) pareció mostrar que el problema no se debía a las nanopartículas sino a un ingrediente químico “clásico”.
- En 2006 se comercializaban en el mundo más de 350 productos a base de nanotecnologías, la mayor parte de ellos (más de 200) en el ámbito “salud y deporte” <http://cenamps.blogspot.com/2006/11/nanotechnology-consumer-product.html>. Para más información véase www.nanotechproject.org. A finales de 2007, identificados más de 580 prods.
- Según algunas fuentes más de dos millones de trabajadores y trabajadoras, en 2006, estaban expuestos laboralmente a nanopartículas.

- **Los nanomateriales pueden penetrar profundamente en los pulmones de los mamíferos...** Lam C. The pulmonary toxicology of single-walled carbon nanotubes. *Toxicol. Sci* 2004; 77:126-134
- **...alcanzar el cerebro a través de los nervios olfativos...** Oberdorster G, Sharp Z, Atudorei V, Elder A, Celia R, Kreyling W, Cox C. Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain. *Inhalation Toxicol.* 2004; 16:437-445
- **...penetrar la piel...** National Institute for Occupational Safety and Health, “NIOSH Safety and Health Topic: Nanotechnology (Occupational Health Risks)”, <http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech/ohrisks.html> (accessed 2/6/07).
- **...y causar daño oxidativo.** Oberdorster E. Manufactured nanomaterials (fullerenes, C60) induce oxidative stress in the brain of juvenile largemouth bass. *Environmental Health Perspectives* 2004;112(10):1058-1062.
- **Estudios con peces sugieren que al menos una clase de nanopartículas (los fulerenos C60) puede causar daños significativos al cerebro.** La misma referencia que en el punto anterior.

La analogía del amianto

- El informe *Nanotechnology: small matter, many unknowns* de la compañía de reaseguros Swiss Re (2004) se preguntaba si los desastres del amianto no serían un punto de referencia adecuado.
- Como las fibras de amianto, dice el informe, las nanopartículas podrían causar problemas sencillamente a causa de su (nano)tamaño.
- El informe sugiere que las nanotecnologías presentan **riesgos “revolucionarios”**: **los científicos no pueden recurrir a la experiencia del pasado para evaluarlos.**
- “Lo pequeño, en salud laboral, tiene grandes peligros: pone en cuestión todos los sistemas de prevención del riesgo que se han constituido históricamente. Se trata de riesgos emergentes de verdad, sin ningún abuso de lenguaje...” Fernando Rodrigo en la inauguración del curso “Nanotecnologías: sociedad, salud y medio ambiente”, Facultad de CC. Químicas de la UCM, 3 al 5 de marzo de 2008.

10/03/2008

- ...porque la investigación se centra en “tomar diferentes tipos de nanoestructuras en las que la naturaleza no ha pensado,
- ponerlas juntas en diversas formas de modo que podamos hacer cosas que la naturaleza no ha hecho,
- y, en particular, hacer cosas que sean más robustas que los sistemas naturales”. Dra. Dehmer, de la Office of Basic Sciences del Departamento de Energía de EEUU (US Senate, Roundtable on Health Technology, 23 de septiembre de 2003)
- Andrew Maynard (Woodrow Wilson International Center): “Los miedos sobre los posibles peligros de algunas nanotecnologías pueden haber sido exagerados, pero no son necesariamente infundados”.

- Se nos dice: “esto no es técnicamente posible hoy” (aunque probablemente lo sea mañana), “no vale la pena discutirlo ahora”.
- Se nos dice: “hay que evitar el alarmismo a toda costa” (aunque lo que está en juego debería sin duda inquietar).
- Pero ¿en virtud de qué principio hay que desestimar la reflexión anticipatoria, o las propuestas preventivas y precautorias -- incluyendo la importante función social de lanzar voces de alarma bien justificadas?

¿Qué son materiales “inteligentes”?

- ¿Qué es un material “inteligente”? La inteligencia depende del contexto...
- “Plásticos perpetuos” gracias a nanopartículas de cerámica insertas en polímeros: ¿realmente sería una idea inteligente? ¿O más bien semejantes plásticos indestructibles, nada biodegradables, resultarían una pesadilla medioambiental?
- Un adjetivo alemán que merecería ser exportado: *fehlerfreundlich*, “amistoso con los fallos”.

Además, problemas ético-políticos como:

- La brecha científico-técnica entre Norte y Sur
- Los efectos sobre la división social e internacional del trabajo
- Las tendencias a la privatización del conocimiento (patentes y otras formas de protección de la propiedad intelectual)
- El secretismo y la opacidad en la era de la “guerra global contra el terrorismo” (Bush jr. *dixit*)
- Las aplicaciones militares
- El futuro de la naturaleza humana (“trans-humanismo”)

- Andrew Maynard, a comienzos de 2006, estimaba que de los 9.000 millones de dólares que se gastan anualmente en el mundo en I+D nanotecnológica, apenas entre 15 y 40 millones se destina a investigación sobre riesgos. Vease “Nanodollars”, *New Scientist*, 25 de febrero de 2006; y “Nano safety call”, *New Scientist*, 11 de febrero de 2006.
- Es decir: **sólo un dólar de cada 300**, aproximadamente, **se destina a investigar los riesgos de las nanotecnologías**.
- Hace falta **incrementar la investigación sobre seguridad, toxicidad, riesgos ambientales, efectos sobre la salud, problemas éticos e impactos sociopolíticos** de las nanotecnologías.

Se acorta el tiempo entre descubrimiento y aplicación

- “Según Gutiérrez Espada (1979), la fotografía tardó 112 años (1727-1839) entre el descubrimiento y su comercialización; el teléfono 56 años (1820-1876), la radio 35 años (1867-1902), el radar 15 años (1925-1940), la televisión 12 años (1922-1934), y el transistor 10 años. Y, desde 1972, se viene aplicando la Ley de Moore, según la cual cada 18 meses se duplica la capacidad de los microprocesadores.
- El resultado es una ciencia guiada por intereses comerciales, y preocupada por poner en el mercado lo antes posible los potenciales productos.
- La nanotecnología es el ejemplo contemporáneo más elocuente. Hoy en día es difícil argumentar que no se sabe en qué se van a aplicar los descubrimientos, ya que la mayoría de ellos ven la luz de su aplicación a la par de su desarrollo.” Guillermo Foladori, “La influencia militar estadounidense en la investigación de las nanotecnologías en América Latina”, *Rebelión*, 8 de noviembre de 2006 (puede consultarse en www.rebelion.org).

- ...puede definirse como “la época del industrialismo en la que los seres humanos han de enfrentarse al desafío que plantea la capacidad de la industria para destruir todo tipo de vida sobre la Tierra y su dependencia de ciertas decisiones. Esto es lo que distingue a la civilización del riesgo en la que vivimos no sólo de la primera fase de la industrialización, sino también de todas las civilizaciones anteriores, por diferentes que hayan sido.” Ulrich Beck: “La irresponsabilidad organizada”, *Debats* 35-36, Valencia 1991

- Aprender del pasado: el importante estudio *Late Lessons from Early Warnings* de la Agencia Europea de Medio Ambiente (2001). Traducido al castellano por el MMA en 2003: *Lecciones tardías a partir de alertas tempranas: el principio de precaución entre 1986 y 2000*.
- La dinámica conjunta del capitalismo y la tecnociencia puede describirse como **huida hacia delante**.
- Hoy tenemos razones más que fundadas para barruntar que esa huida puede despeñarnos por un abismo.

- Lo razonable sería avanzar con cautela, dar rodeos para no entramparse en pasos notoriamente peligrosos y evitar las situaciones irreversibles: **practicar el principio de precaución** --también en lo que atañe a las nanotecnologías.
- Entre otras instituciones, la británica Royal Society ha solicitado la aplicación del principio de precaución en el caso de las nanotecnologías. Royal Society: *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*, 29 de julio de 2004. Este informe puede consultarse en <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>

- “En el núcleo del principio de precaución se halla la idea intuitivamente sencilla de que, frente a la posibilidad de incurrir en daños, las decisiones políticas a la hora de proteger el medio ambiente (y con ello los intereses de bienestar de las futuras generaciones) deberían tomarse adelantándose a la certidumbre científica.
- Requiere de los seres humanos que cuiden de ellos mismos, de sus descendientes y de los procesos que hacen posible la vida.
- Requiere, en esencia, que en todo momento en que exista una razonable incertidumbre en relación a los posibles daños ambientales o a la privación social que puedan surgir de un determinado proceder, evitar el riesgo llegue a ser una norma de decisión establecida.” Timothy O’Riordan y Andrew Jordan: “The precautionary principle in contemporary environmental policy”. *Environmental Values*, 1995 vol. 4, nº 3

- Una de las formulaciones más sencillas del principio de precaución reza: **la incertidumbre científica no debe ser motivo para eludir acciones preventivas.**
- Ello nos introduce directamente en el meollo de nuestro problema, si caemos en la cuenta de que, precisamente por la propia naturaleza de la ciencia (que no es conocimiento dogmático, sino una manera metódica de progresar en medio de la duda, y gracias a la misma), **la incertidumbre científica no es eliminable.**
- Por eso, en una “sociedad del riesgo”, en un mundo de riesgos sistémicos donde está en juego el destino de la biosfera y la propia naturaleza humana, la **acción preventiva** debe situarse en la base de las políticas.

- El principio de precaución debería constituir **el punto de partida** para las políticas (**y no una especie de último recurso** cuando las cosas van mal).
- La dinámica de la vida dentro del universo físico y social que habitamos es una sucesión de latidos donde se suceden los momentos de entropía y neguentropía, un proceso de cambio constante movido por el pulso donde se conjugan fuerzas destructivas y creativas.
- Si de algo podemos estar seguros es de que semejante dinámica, con su incertidumbre inherente, resulta incompatible con las condiciones de estabilidad e inmutabilidad que contienen los supuestos de perfección.

- Nada permanece incólume en la lucha/danza {Marco Aurelio} de la entropía y la neguentropía: de ahí la necesidad de **excluir de entrada los riesgos sistémicos, los que conducen a irreversibilidades...**
- La versión más sencilla –pero nada trivial— del principio de precaución en la era de la tecnociencia: **no somos ángeles.**

- "Los códigos de conducta voluntarios [como el que ha aprobado la Comisión Europea en febrero de 2008: C(2008) 424 final] no son la solución en un área tan controvertida y sensible [como es la aplicación de nanotecnología a alimentos]. La falta de ambición que se esconde tras estas medidas son patentes", señala un portavoz del BEUC (Organización de Consumidores y Usuarios de la UE).
- Avala su opinión en las conclusiones alcanzadas por la Academia Británica para la Ciencia y la Tecnología, que hace poco denunció la alarmante falta de información sobre la seguridad de los nanomateriales.
- Los consumidores europeos defienden la exigencia de etiquetados que adviertan del uso de nanomateriales y prohibir aquellas nanopartículas nocivas para el ser humano. Según Álvaro de Cózar, "La UE da vía libre al empleo de nanopartículas en los alimentos", *El País*, 15 de febrero de 2008.

- Una coalición internacional de 44 organizaciones sindicales, ambientales y de salud y normativas públicas --incluidas la UITA, CSI y de EE.UU. la AFL-CIO, BCTGM y United Steelworkers– han lanzado un **llamamiento en pro de una regulación amplia y enérgica en todos los niveles de la nanotecnología y sus productos.**
- Hoy por hoy no existe modo de medir la presencia de nanopartículas en el lugar de trabajo, y menos aún realizar pruebas de exposición a las mismas. La tecnología, dice la coalición, impone riesgos específicos que requieren regulación específica.

- **Una base preventiva:** los fabricantes y distribuidores de los productos deberán hacerse cargo de demostrar la seguridad de estos. De no existir un análisis de datos de salud y seguridad independiente, entonces no tendría que haber aprobación comercial.
- **Reglamentación obligatoria nano-específica:** los nano-materiales deberán ser clasificados como nuevas sustancias y estar sujetas a una regulación nano-específica. Las iniciativas voluntarias no son suficientes.
- **Salud y seguridad del público y los trabajadores/as:** se deberá evitar la exposición a nano-materiales que no se haya demostrado que son seguros, a fin de proteger al público y a los trabajadores/as.

- **Protección ambiental:** antes de su comercialización se deberá realizar un análisis de ciclo vital completo acerca de los efectos en el medio ambiente.
- **Transparencia:** todos los nano-productos deberán estar etiquetados y la información de seguridad deberá estar a disposición del público.
- **Participación pública:** deberá existir una participación pública plena, abierta y significativa en todos los niveles.
- **Inclusión de impactos de mayor alcance:** deberán considerarse los efectos de mayor alcance de la nanotecnología, incluidos los efectos éticos y sociales.

- **Responsabilidad del fabricante:** las nano-industrias deberán responsabilizarse de los perjuicios que surjan de sus productos.
- Con la publicación de la declaración, las organizaciones ratificantes llaman a todos los correspondientes interesados, incluidas agencias gubernamentales y organismos a todos los niveles, compañías, instituciones científicas y de investigación y otras organizaciones relevantes – a que se adhieran y tomen medidas para incorporar e implementar los principios. El texto en inglés de “Principles for the Oversight of Nanotechnologies and Nanomaterials”, junto con la lista de las primeras organizaciones ratificantes, se puede encontrar en el sitio web de la UITA en formato pdf: www.iufdocuments.org

La resolución de UITA (Ginebra, marzo de 2007). Seis puntos:

- Movilizar a nuestras organizaciones afiliadas instándolas a debatir con el resto de la sociedad y los gobiernos las posibles consecuencias de las nanotecnologías.
- Reclamar de los gobiernos y los organismos internacionales que corresponda, la aplicación del principio de precaución, prohibiendo la venta de alimentos, bebidas y forrajes, así como todos los insumos agrícolas que incorporen nanotecnología, hasta que se demuestre que son seguros y se apruebe un régimen regulatorio internacional específicamente diseñado para analizar esos productos.

- Exigir a las oficinas nacionales e internacionales de patentes --como la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI)-- la suspensión del otorgamiento de patentes relacionadas con la nanotecnología en la industria de la alimentación y la agricultura, hasta que los países afectados al igual que los movimientos sociales, puedan realizar una evaluación sobre sus impactos.
- Exigir a la Organización Mundial de la Salud (OMS) y a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) la actualización del Codex Alimentarius, tomando en cuenta el uso de nanotecnología en la alimentación y la agricultura.

- Reclamar a la OMS el inicio de estudios a corto y largo plazo sobre los potenciales efectos de la nanotecnología -especialmente de las nanopartículas- sobre la salud de los técnicos y obreros que las producen, usuarios y consumidores.
- Solicitar a la Organización Internacional del Trabajo (OIT) un estudio urgente de los posibles impactos de la nanotecnología en las condiciones de trabajo y empleo en la agricultura y en la industria de la alimentación. Finalizado el estudio deberá convocarse lo más rápido posible, una Conferencia Tripartita sobre el tema. Aprobado en el 25 Congreso de UITA, Ginebra, marzo de 2007.

- “Con independencia de la naturaleza y gravedad de las consecuencias que revista la implantación de las nanotecnologías, al final de lo que se trata es de enfrentarnos a otro problema de dependencia tecnológica.
- Comenzando por innovaciones amables (y, en apariencia inofensivas), es de prever que la industria nanotecnológica vaya infiltrándose en todos los sectores de la sociedad hasta quedar completamente ‘atrincherada’, como los cercanos casos de las tecnologías informáticas y de las biotecnologías ilustran a la perfección.”

- “La especial naturaleza de las nanotecnologías, al implicar la manipulación, transformación y fusión de los componentes últimos de la materia inerte y viva, propicia el que muchas de las consecuencias de su implantación puedan tener un carácter irreversible, lo que aumenta la gravedad de las mismas.
- Pues lo inofensivo o no de una innovación no hay que buscarlo sólo en los posibles riesgos para la salud o el bienestar de las personas. La restricción de la libertad de elección, la alteración de las formas de vida que juzgamos oportuno llevar, la transformación irreversible del medio natural y social, en suma, involucran efectos que pueden ser tanto o más negativos que otros riesgos de mayor concreción y visibilidad pero, por ello mismo, en general más fácilmente evitables.”

- "Las luchas por el control monopolístico del mercado informático o por establecer 'patentes sobre la vida', ¿no apuntan claramente a lo que al final no es sino una cuestión de quién detenta el poder en el mundo actual?"
- (...) No es una cuestión de si se es pro- o anti-nanotecnología. De lo que se trata es de evitar el atrincheramiento tecnológico, mediante el empleo del principio de precaución, la evaluación constructiva e integrada de las nanotecnologías y una intervención temprana de la sociedad para **su control.**" José Manuel de Cózar, "Nanotecnologías: promesas dudosas y control social", número 6 de la *Revista de la OEI*, mayo-agosto de 2003.

- Nanotecnociencia: si lo que tenemos ante nosotros es la posibilidad de transformaciones radicales en los sistemas sociales y económicos,
- incluso --algo más adelante-- la redefinición de la naturaleza humana (o si se prefiere: la condición humana),
- ¿quién decide? ¿Cómo se decide?
¿Qué tipos de debates democráticos y de participación social son necesarios?

¿Quiénes diseñan el futuro?

- “El objetivo de la nanotecnología es construir el futuro, molécula a molécula” Michael C. Roco: “A Frontier for Engineering”. *Mechanical Engineering*; Jan 2001, Vol. 123 Issue 1.
- “De esta manera tan expresiva lo expone un artículo sobre los efectos sociales de las innovaciones nanotecnológicas. ¿Pero quiénes diseñan el futuro que será así construido?”
- Es alarmante constatar con qué frivolidad (o interesado cinismo) un grupo reducido de individuos puede querer imponer un determinado futuro al conjunto de los ciudadanos del planeta saltándose todo debate, toda condición de representatividad y legitimidad y todo procedimiento democrático.”

- “El desarrollo de las nanotecnologías no es ni mucho menos el único caso reciente de imposición de la voluntad de unos pocos sobre la de muchos. Debería, por el contrario, ser un caso de democrática determinación de la voluntad de todos.” José Manuel de Cózar, “Nanotecnologías: promesas dudosas y control social”, número 6 de la *Revista de la OEI*, mayo-agosto de 2003.
- **Más del 70%** de las aproximadamente 9.000 patentes sobre nanotecnologías, en 2006, pertenecían a grandes corporaciones. Dato de Guillermo Foladori en la entrevista “La nanotecnología ya está aquí y puede cambiar radicalmente el mundo”, SIREL 1.273, del 2 de junio de 2006. Puede consultarse en www.rel-uita.org

- No es exagerado considerar, con Hans-Peter Dreitzel, que la humanidad ha ingresado en una etapa cualitativamente nueva de su desarrollo, caracterizada por tres rasgos:
- (a) el género humano, en cuanto género, es ahora **capaz de eliminarse a sí mismo**;
- (b) con ello la humanidad se ha convertido irreversiblemente en un todo, **cada sociedad es ahora parte de la sociedad mundial**;
- (c) la civilización mundial **puede ser aniquilada por medio de un accidente o una sucesión de accidentes**.
- Estas tres nuevas condiciones nos obligan a repensar radicalmente la política.

- Recordemos el adjetivo alemán *fehlerfreundlich*...
- “Me parece ilusorio creer que se puede tener una certidumbre tecnológica a prueba de la estupidez y la arrogancia. Necesitamos, en cambio, una tecnología adecuada a la falibilidad humana. (...) El nivel de infalibilidad requerido por ciertas tecnologías las hace peligrosas y sospechosas. (...) La solución no consiste en bloquear los conocimientos sino en gobernarlos, evaluando las alternativas tecnológicas y cerrando el paso a las aplicaciones que conlleven riesgos demasiado altos.” Carlo Rubbia: *El dilema nuclear*. Crítica, Barcelona 1989
- No dejamos de soñar con “balas mágicas”... Y de padecer tiros por la culata.

- Social Association, la empresa certificadora de productos ecológicos más extensa del Reino Unido --que vende desde productos cosméticos hasta alimentos--, ha anunciado el 15 de enero de 2008 que prohibirá la inclusión de nanomateriales manufacturados en los productos que **comercializa**. Ponencia de Judith Carreras en el curso “Nanotecnologías: sociedad, salud y medio ambiente”, Facultad de CC. Químicas de la UCM, 3 al 5 de marzo de 2008.

- “Tenemos que recordar que en los centros de trabajo, lo que no está en la ley no existe (y muchas veces, por desgracia, lo que está en la ley tampoco)”. Paco Blanco, responsable de medio ambiente y salud laboral de FITEQA-CC.OO., en el curso “Nanotecnologías: sociedad, salud y medio ambiente”, Facultad de CC. Químicas de la UCM, 3 al 5 de marzo de 2008.
- “Hace falta, para las nanotecnologías, un equivalente a lo que es REACH para el sector químico: un programa de regulación general basado en los principios de prevención y de precaución”. Fernando Rodrigo, director ejecutivo de ISTAS, en la inauguración del curso “Nanotecnologías: sociedad, salud y medio ambiente”, Facultad de CC. Químicas de la UCM, 3 al 5 de marzo de 2008.

- Recolección de información: fundamental para la evaluación de riesgos
- Principio de precaución: considerar los nanomateriales como peligrosos hasta que se recojan suficientes evidencias de lo contrario
- Caracterización de los nanomateriales (entre los producidos artificialmente y de manera natural: humos diesel, emisiones)
- Integrar planes de seguridad y salud en la fase de diseño (confinamiento, evitar la liberación del contaminante)
- Desarrollo de planes específicos sobre la seguridad de estos materiales
- Utilización simultánea de medidas de control, y aplicar estas de manera específica. Programa de control de dichas medidas
- Formación e información de las y los trabajadores

- Planes específicos de emergencia y trabajadores asignados (formación específica)
- Desarrollo de instrucciones, planes y protocolos de trabajo
- Plan de gestión de residuos y materiales contaminados con los nanomateriales
- Actualización y documentación de la **información**. De la ponencia de Ruth Jiménez en el curso “Nanotecnologías: sociedad, salud y medio ambiente”, Facultad de CC. Químicas de la UCM, 3 al 5 de marzo de 2008

- Una propuesta de futuro: crear, dentro del sistema de NN.UU., una institución internacional responsable de seguir la evolución de las nuevas tecnologías y sus productos, evaluarlas y aceptarlas o rechazarlas.
- El Grupo ETC ha presentado una interesante propuesta de Convención Internacional para la Evaluación de Nuevas Tecnologías.
- Javier Echeverría propuso, en alguna ocasión, dedicar obligatoriamente el 5% de los proyectos de I+D públicos a estudios de impacto, evaluación de riesgos, investigación toxicológica... La CES propone el 8%.

“Males que acarrea el
tiempo/ quién pudiera
penetrarlos/ para poner
el remedio/ antes de
que llegue el daño.”

Cante flamenco (ed. de Ricardo Molina),
Taurus, Madrid 1965, p. 124.

**Ponencias del curso:
se colgarán en
www.istas.ccoo.es**