

Ideas fuerza para aguantar y atacar la turbulenta tempestad del siglo XXI, muy útiles para orientar el rumbo del eco-comunismo:

"ir a la raíz de las cosas, atacar al disco duro del capital"

"ruptura con el despotismo anónimo de los mercados"

"lógica a largo plazo de la ecología se enfrenta con el cortoplacismo del precio de las acciones"

"lograr la subordinación de la lógica económica al imperativo social"

"resistir lo irresistible del orden establecido"

Daniel Bensaïd

NANO AMISTADES PELIGROSAS

Manuel Garí

Gracias Bensa

Estamos a las puertas de una nueva revolución industrial de la mano de la nanotecnología cuyas consecuencias son imposibles de prever con detalle. Pero ya intuimos que sus efectos serán, muy probablemente, de mayor alcance que el de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) que dieron pie al concepto de Nueva Economía en la década de los noventa.

Es cierto como señalan Hope Shand y Kathy Jo Wetter (2006)¹ que *"...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 (...) La nanotecnología (...) es el último de estos milagros tecnológicos, y sus promotores prometen la revolución industrial más importante y más verde de la historia."* Pero aunque no sea verde ni aporte soluciones mágicas a los problemas de la humanidad, la nanotecnología puede suponer un cambio radical en las condiciones materiales del modelo productivo, cambio no exento de problemas e interrogantes.

Frente al optimismo tecnológico del cientificismo positivista hegemónico en el mundo científico y en las sociedades industrializadas, que mantiene una actitud acrítica y desprevenida respecto a los efectos sociales y ambientales de la tecnología, a la que atribuye una capacidad de solventar problemas que se ha demostrado falsa a la luz de la experiencia, es necesario realizar un análisis crítico, objetivo, independiente, holístico y prudente ante cada cuestión.²

El escaso debate público desarrollado hasta el momento sobre las nanotecnologías se ha centrado en cuatro aspectos: a) su potencialidad, entre otros, en campos como el almacenamiento de energía, las aplicaciones médicas y las IT; b) el desconocimiento de los eventuales riesgos que pueden comportar para quienes trabajan con nanomateriales o para los usuarios de los productos que los contienen; c) la inexistencia de un marco regulador sobre la investigación, desarrollo, aplicación y liberación ambiental de los nanomateriales; y d) las importantes ganancias económicas anticipadas que ya se están generando para los inversores y el monto de los futuros beneficios de una heterogénea gama de aplicaciones posibles.

Pese a la opacidad de la industria y la escasa información pública, podemos concluir que la nanotecnociencia supone en 2010 un nuevo desafío social, ético y político de gran envergadura, un nuevo nicho de negocio y un posible cambio en el paradigma científico.³

Naturaleza material de las *nano*

Un buen punto de partida para abordar desde una óptica económico-social el fenómeno de las *nano* sin inmiscuirme en el campo científico-técnico que abordan expertos en la materia en esta misma obra, es la definición realizada en el informe de la Royal Society and Royal Academy of Engineering⁴ que entiende por nanotecnologías el campo comprendido por “... *el diseño, caracterización, producción y*

aplicación de estructuras, mecanismos y sistemas controlando la forma y tamaño en una escala nanométrica".

Para Ana Cremades (2008)⁵, la nanotecnología no es una mera continuación de la microtecnología, ya que al reducir el tamaño, se modifican o aparecen nuevas propiedades físicas propias de la nanoescala: surgen efectos cuánticos, la termodinámica se altera, la reactividad química se modifica y la superficie gana importancia cuanto más pequeño se hace el material.⁶ En éste punto surge el primer y más grave problema del mundo nano para Dehmer⁷ que afirma que la investigación en curso consiste fundamentalmente 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 que sean más robustas que los sistemas naturales"*. Nos enfrentamos, por tanto, a una realidad no solo desconocida cognitivamente por novedosa sino inexistente hasta ahora en la biosfera, lo que plantea consecuencias inéditas e interrogantes insoslayables.

Antes de indagar sobre los riesgos de la nanoproducción se ha pasado del ámbito de la investigación científica al de sus aplicaciones industriales y en ello radica el segundo gran problema. Las *nano* salieron del laboratorio y entraron de lleno en el mundo de la producción social y por tanto en la esfera de las relaciones sociales y en el medio natural. Tal como señala José Manuel de Cózar (2003),⁸ 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. Para este autor la nanotecnociencia es la expresión que sintetiza la investigación y desarrollo a escala nanométrica, independientemente de que sea conducida por científicos, ingenieros o tecnólogos ya que *"...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'...". Por lo que no puede hablarse de ciencia y tecnología al margen del negocio y el poder.

Hasta aquí lo que es común al mundo nano pero, la nanotecnología abarca una amplia gama de conocimientos, materiales, tecnologías y herramientas, por lo que es más adecuado hablar en plural y usar el término de nanotecnologías para abordar tan heterogénea realidad.

La cadena de valor de las *nano*

No constituyen un sector industrial como lo pueda ser el de la electrónica o el de las telecomunicaciones, sino todo un abanico de técnicas para manipular la materia a escala nanométrica. Sin embargo, desde el punto de vista del mercado las nanotecnologías tienen un tratamiento general único que no diferencia entre las muy diversas áreas del conocimiento que confluyen en el fenómeno. Sin embargo para avanzar en la comprensión de las ventajas, oportunidades, riesgos y peligros de las *nanotec* convendría comenzar a realizar análisis y evaluaciones sectoriales diferenciadas según los procesos y las aplicaciones.

Dado que en la escala nano la constitución de la materia es común a todas las ciencias (física, química, biología, etc.) se produce una convergencia tecnológica "nano-bio-info-cogno-neuro" que dificulta su clasificación disciplinaria e industrial. Se trata de una plataforma tecnológica que algunos autores califican de "tecnologías invasivas" ya que pueden alterar el desarrollo, características y futuro de todos los sectores industriales.

Desde el punto de vista económico podemos diferenciar en este momento cuatro estadios bien diferenciados en la cadena de valor:

1) Nanomateriales, son estructuras de escala nano no procesadas o procesadas de forma limitada para su uso inmediato, tales como nanopartículas, nanohilos, nanotubos, puntos cuánticos, fulerenos, dendrimeros y materiales nanoporosos.

2) Productos nanointermedios entre los materiales de base y los productos terminados, definidos precisamente como elementos a nanoescala necesarios para obtener otros bienes, pueden incorporarse encapsulados en una matriz o formar parte de la estructura masiva en superficie o en el volumen (nanoestructuras). Ejemplos de productos nanointermedios: pinturas, revestimientos, tejidos, chips de memoria, medios de contraste, componentes ópticos, materiales ortopédicos o los cables superconductores.

3) Productos nano acabados, son bienes que incorporan las nanotecnologías por incorporación de nanomateriales o de productos nanointermedios. Una relación no exhaustiva de nanoproductos acabados: cremas solares, cristales autolimpiantes, medicamentos, alimentos precocinados, recipientes plásticos, electrodomésticos, vehículos, ropa, aviones, ordenadores o aparatos electrónicos.

4) Herramientas nano son instrumentos para la investigación o la producción a escala nanométrica que configuran tanto el equipo como el software aplicado para visualizar, manipular y dar forma a la materia en la escala nano, por ejemplo microscopios de fuerza atómica, equipos de impresión o aplicaciones para el modelaje molecular que pueden intervenir tanto en la producción de nanomateriales como de nanointermedios o nanoacabados en su caso.

La National Science Foundation, la agencia americana que apoya la investigación científica no médica, estimó en 2001 que en 2015 el mercado *nano* alcanzaría la cifra de 1 billón de dólares US, cifra que desde entonces se revisó anualmente al alza.⁹

Según Lux Resaearch Inc. el valor del negocio *nano* en 2008 fue de 238 millardos de dólares US. Para 2015 estima que el negocio

alcanzará la cifra de 3,1 billones de dólares US, de los cuales los nanoproductos acabados representarán 2,7 billones de ventas, los nanointermedios 432 millardos y los nanomateriales 3 millardos.¹⁰ Por tanto el valor financiero atribuido en esa proyección a los nanomateriales es ínfimo comprado con el valor estimado para los bienes finales. La investigación científica se centra en los nanomateriales, el negocio en sus aplicaciones comerciales.

Sin ánimo de ofrecer una clasificación exhaustiva de campos de aplicación de las *nanotec* que se presentan como positivas por sus defensores, podemos señalar con Serena (2002)¹¹ los siguientes: 1) Aplicaciones estructurales, nuevos materiales: cerámicas y materiales nanoestructurados, nanotubos, y recubrimientos con nanopartículas; 2) Procesamiento de la información: nanoelectrónica, optoelectrónica, y materiales magnéticos; 3) Nanobiotecnología y nanomedicina: encapsulado y dosificación dirigida de fármacos, reconstrucción de partes dañadas; 4) Sensores; 5) Procesos catalíticos y electroquímicos; y 6) Aplicaciones a largo plazo: sistemas para computación cuántica, autoensamblado molecular e interacción de moléculas orgánicas con superficies.

A pesar de los posibles bienes y beneficios que desde mi perspectiva pueden reportar las *nano*, el resultado de la orientación actual de la ciencia -como puede comprobarse en la lista- está guiada por la ganancia comercial y los decisores tienen como prioridad colocar en el mercado rápidamente productos de alta rentabilidad. No cabe alegar ignorancia sobre el rumbo de las aplicaciones, tal como plantea Foladori (2006): descubrimiento y aplicación van de la mano.¹²

La ciencia como negocio, el estado como garante

Las nanotecnologías se mueven en la intersección de la ingeniería, la química, la física y la biología, y aprovechan los soportes informáticos, pero constituyen una nueva dimensión tecno-científica. El desarrollo de las aplicaciones nano exige del concurso de millares y

millares de trabajadores con una alta cualificación profesional, técnica y científica. Lo que comportará a su vez un crecimiento acelerado de la productividad media del trabajo. De confirmarse esta tendencia, se verificaría nuevamente una de las hipótesis más desconocida, anticipadora y extemporánea (respecto a su época) de entre las avanzadas por Marx en las *Teorías sobre la plusvalía (Historia crítica de la plusvalía)*.

Para comprender el impacto y dimensión del fenómeno *nanotec* hay que ponerlo en relación con el tiempo que transcurre entre el momento de la invención técnica y el de la fabricación generalizada de la mercancía con la consiguiente realización de la ganancia. Según Gutiérrez Espada 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. En 1959 Richard Feynmann planteó la posibilidad teórica de la nanotecnología. Desde la invención en 1981 del primer nanoscopio, el microscopio de "efecto túnel", al comienzo de la investigación masiva con apoyo estatal en EE UU, tras crearse en 2001 la National Nanotechnology Initiative, trascurrieron 20 años y cuatro años después, en 2005 las inversiones privadas en I+D superaron a los fondos públicos; lo cual es un indicador de que las empresas que trabajan en nanoaplicaciones consideran un hecho que sus investigaciones se van a transformar en mercancías realizables en el mercado, con la consiguiente recuperación del capital invertido y la obtención de importantes ganancias. Todo lo anterior llevó al Centro por la Nanotecnología Responsable (CRN, en sus siglas inglesas) a afirmar 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.*"

Como señala Ernest Mandel (1972)¹³ la aceleración de la innovación tecnológica es un corolario de la aplicación sistemática de la ciencia a la producción y, a su vez, la reducción del tiempo de rotación del capital fijo está estrechamente relacionada con el ritmo de la innovación. Mandel concluye que las rentas tecnológicas se han convertido en la principal fuente de ganancia extraordinaria bajo el capitalismo tardío. Por tanto las invenciones se convierten en una "rama" de la actividad económica y la aplicabilidad de la ciencia a la producción se convierte en un factor discriminante de las prioridades en el esfuerzo investigador. Esta idea que podemos ya encontrar de forma embrionaria en Marx¹⁴ se ha materializado en la economía de la globalización capitalista. La evolución de la monetización y rentabilización de la ciencia ha sido analizada desde la Segunda Guerra Mundial por diversos autores como Silk y Leontief.

En una economía de mercado el capital que se invierte en la producción genera una producción continua de mercancías y una valorización casi asegurada de antemano. Sin embargo no existe esa seguridad en el capital invertido en inventos mientras no se traduzca en la producción de nuevas mercancías o en alteraciones de las cualidades de las existentes, por lo que el riesgo para las ganancias del capital invertido en investigación es mayor que en el caso del invertido en la producción de bienes y servicios. Esta es la explicación de por qué son las grandes corporaciones las que invierten en I+D como es el caso de de IBM, Fujitsu e Intel que han dedicado importantes sumas a la investigación nano. Más del 70% de las aproximadamente 9.000 patentes sobre nanotecnologías, en 2006, pertenecían a grandes corporaciones.¹⁵ Pero también es la explicación de la decidida intervención del Estado en el campo investigador en los países industrializados.

El Estado tiene como funciones para asegurar la reproducción ampliada del capital junto con la represión de las amenazas al sistema y la integración de las clases dominadas, procurar las

condiciones generales de producción que no facilita la actividad económica privada. Esta tercera pieza del papel del Estado tiene tres componentes: las que refieren a las premisas sociales generales (orden social, construcción del mercado y sistema monetario), las materiales generales (infraestructuras, redes de transporte y comunicación...) y las de reproducción científica, cultural e intelectual.

Ni siquiera los más acérrimos neoliberales del equipo de Bush prescindieron de esta última de las funciones básicas del Estado: invertir dinero público en asuntos de interés privado que no captan capitales privados durante un tiempo. El presupuesto de la Nacional Nanotechnology Initiative (NNI/USA) fue de 1.351,2 millones de dólares, en 2006, de 1.392,1 millones en 2007 y de 1.444,8 millones para ejecutar en 2008. Conviene comparar lo gastado por el mismo gobierno en medio ambiente y salud y seguridad laboral: en 2006 fueron 37,7 millones de dólares, en 2007 la cifra fue de 45,8 millones y en 2008 el presupuesto es de 58,6 millones. Entre 1997 y 2006 los gobiernos de los países industrializados invirtieron casi 6 millardos de dólares en nanotecnologías. De ahí el interés en el tema por parte de la OCDE que ha constituido una importante Comisión de Seguimiento de las *nano*.

Al igual que señala el premio Nobel en economía Joseph E. Stiglitz (2003)¹⁶ refiriéndose al sector de la que durante años se conoció como Nueva Economía (internet, investigación básica en medicina y biología y las denominadas nuevas tecnologías), en las *nanotec* el principal gasto en I+D durante un largo periodo ha sido del Estado en los países, particularmente EEUU, que apostaron por desarrollar la investigación básica y aplicada. Las cifras y porcentajes referidos a la inversión pública y privada en las *nano* que aportan Lux Research y Científica¹⁷ no coinciden pero ambas entidades muestran la misma tendencia: en el momento en que la rentabilidad comienza crece la aportación privada de las empresas, pero también de capital-riesgo, y disminuye el peso relativo de la aportación pública. En

resumen: el esfuerzo inversor en la época de tanteo sin aplicación, mercado y ganancia ha venido de la mano de la investigación pública. Ello constituye una de las cínicas paradojas del neoliberalismo del Estado mínimo: con dinero público se allana el camino al gran negocio privado.

La dimensión económica del fenómeno nano

Si al principio del siglo XXI el horizonte se centraba en las oportunidades tecnológicas¹⁸ en 2010 se centra en las de mercado. Muchos de los estudios económicos sobre las *nano* han centrado su atención no tanto en la realidad de las mismas en el momento en que se elaboraban como en el valor futuro atribuible a las mismas o en los beneficios derivados de la inversión en la investigación de alguna de sus aplicaciones. Las cifras y las hipótesis –que frecuentemente no coinciden en los diferentes informes disponibles- están al servicio de distintos grupos de inversores privados que esperan generar el clima económico y social favorable para sus intereses. A pesar de ello pueden servirnos de referencia.

En 2006 se comercializaban en el mundo más de 350 productos a base de nanotecnologías, unos 201 en el ámbito “salud y deporte”, 34 en el de “hogar y jardinería”, 33 en el de “electrónica y PC”, 29 en el de “comida y bebida”, 22 en el de “multifuncionales”, 15 en el del “automóvil”, 14 en el de “electrodomésticos” y 5 en el de “productos infantiles”.

En un solo año el aumento fue tal que, a finales de 2007, se identificaron más de 580 productos con presencia *nano* en el mercado.¹⁹ La UNESCO califica la situación como una “*carrera hacia la comercialización*” de aplicaciones²⁰. Entre 2015 y 2030 se espera que los nanoproductos hegemonicen campos tan diversos como el de materiales resistentes y ligeros, los componentes electrónicos informáticos de alta velocidad, los fármacos más eficientes por rápidos en su actuación sobre el torrente sanguíneo o los almacenamientos magnéticos de alta capacidad.

Diversos cálculos sitúan el negocio de las *nano* para el año 2015 en 340.000 millones de dólares en materiales, 300.000 en electrónica, 180.000 en productos farmacéuticos, 100.000 en químicos, 70.000 en aeroespacio, 45.000 en medio ambiente, 30.000 en salud, etc. Si en 2004 las *nano* supusieron menos del 0,1% de los ingresos de la producción industrial, algún estudio estima que en 2014 será el 14%.²¹

Desgraciadamente los datos en investigación en nanotecnología militar ya son una realidad que desde los 70 millones de dólares de 2000 han alcanzado la cifra de 436 millones en 2006 aplicados a miniaturización de satélites y aviones de reconocimiento, microrobots soldados, materiales de equipamiento para los soldados humanos, micro-fusión nuclear, guerra química y bacteriológica.

La preponderancia de los EEUU en esta carrera es evidente constatando el número de empresas que trabajaban en *nanos* en 2005: 430 norteamericanas frente a 110 en japonesas, 94 alemanas, 48 británicas, 20 chinas, 19 francesas, 18 canadienses, 14 israelíes y suizas, 11 australianas, 10 holandesas, 9 taiwanesas, 7 austriacas y suecas, 6 coreanas y filandesas, 5 rusas y 3 respectivamente italianas y españolas. En 2009 según Científica, el incremento inversiones rusas y chinas en nanotecnologías ha sido notable. EEUU sigue llevando la delantera por el crecimiento vertiginoso de patentes norteamericanas entre 1997 y 2006.

Como ocurrió en el caso de la introducción en la producción industrial de la energía eléctrica, catalizadora en su momento de la sincronización del trabajo fabril, o de la expansión de las denominadas nuevas tecnologías, la incipiente fabricación de nanoproducidos o el uso de nanomateriales en bienes convencionales está favoreciendo la concentración del capital y la integración horizontal y vertical de las empresas.

Y, como ocurrió en los casos citados, la inversión en aplicaciones industriales de las nanotecnologías y en la comercialización de los

nanoproductos de capitales ociosos excedentes, está representando una importante tabla de salvación ante las oscilaciones de la tasa de ganancia derivada de la crisis y la caída tendencial de la misma en los sectores industriales tradicionales y maduros. El gran incremento de inversiones y ganancias en el campo *nanotec* anterior a la crisis financiera y productiva originada en 2008, muy probablemente se consolide como una de las vías de escape del capital en la actual situación.

Temeridad y riesgos

El paladín de las nanotecnologías, K. Eric Drexler (1992),²² reconoció que *"...hay muchas personas, incluido yo, que ven con considerable inquietud las consecuencias futuras de esta tecnología (...) es muy alto el riesgo de que la sociedad no los use debidamente por falta de preparación"*. Pero su capacidad de prevenir las consecuencias del uso de las *nano* se vio sumamente limitada al no preguntarse sin prejuicios por los riesgos inherentes a la tecnología y al control social de la misma ya que situó la causa del riesgo en el mal uso de las nanotecnologías por parte de la sociedad por falta de preparación. La posible víctima es responsable de la su posible desgracia originada por terceros. Un auténtico tratado en tres líneas de externalización de responsabilidades y una muestra más del desarme ante el riesgo por incomparecencia del principio de precaución.

Las propiedades de estas novedosas nanopartículas y nanoestructuras son todavía, en gran parte, desconocidas, pero la exposición de los trabajadores en sus empresas y de los consumidores va en aumento de forma descontrolada pese a que todos los expertos coinciden en que la materia a nanoescala tiene propiedades y efectos muy diferentes que en las escalas micro, meso y macro. A todo ello hay que añadir que con la producción y comercialización se han liberado al medio ambiente nanomateriales y nanoproductos al margen de toda racionalidad: sin evaluación previa de los efectos e impactos, sin constatar la capacidad de adaptación y

metabolización de la biosfera y, por tanto, sin considerar los procesos bioenergéticos de la naturaleza.²³

Se han lanzado al mercado productos cosméticos de uso diario y universal, medicinas para la impotencia sexual masculina, raquetas de tenis, cristales de coche autolimpiantes, vidrios reforzados con nanometales, tejidos de ropa, bayetas repelentes del agua y/o del polvo y juguetes de niños con licencias otorgadas al material en su estado "normal" sin pruebas específicas de los efectos del material nano sobre los usuarios.

Más de dos millones de trabajadores y trabajadoras estaban expuestos laboralmente a nanopartículas en el año 2006, concretamente a 39 variantes nano de carbono, 41 de plata, 16 de SiO₂, 11 de TiO₂, 16 de ZnO y 1 de CeO₂, sin que mediara prevención ni reglamentación específica. Lux Research en el citado informe de 2008 estima que hasta 2014 se crearán en el mundo 10 millones de puestos de trabajo directos en los diversos campos *nanotec*.²⁴

El informe *Nanotechnology: small matter, many unknowns* de la compañía de reaseguros Swiss Re, publicado en 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. Las nanopartículas pueden penetrar a través de poros donde otras partículas serían retenidas, efectivamente 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.

La superficie altamente reactiva de los nanomateriales y su capacidad para atravesar membranas convierten a estos productos en sustancias con alto potencial de toxicidad según el citado informe de 2004 de The Royal Society. Según diversos estudios toxicológicos, los nanomateriales pueden penetrar profundamente en los pulmones de los mamíferos, alcanzar el cerebro a través de los nervios

olfativos, penetrar sus defensas y causar daño oxidativo. Estudios con peces sugieren que al menos una clase de nanopartículas (los fulerenos C60) puede causar daños significativos al cerebro.

El informe de Swiss Re indica que las nanotecnologías presentan riesgos “revolucionarios” por lo que los científicos no pueden recurrir a la experiencia del pasado para evaluarlos. Actualmente no existe modo de medir la presencia de nanopartículas en el lugar de trabajo, y menos aún realizar pruebas de exposición a las mismas. No existen equipos de protección individual fiables para proteger a las personas de la exposición a nanopartículas no encapsuladas.

Pero los problemas no terminan ni en los usuarios de los productos ni en los trabajadores expuestos. El sociólogo brasileño Paulo Roberto Martins²⁵, coordinador de RENANOSOMA e investigador de la Agencia IPT señala las siguientes cuestiones ético-políticas: Efectos ambientales irreversibles, 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”, las aplicaciones militares (ya citadas anteriormente) y el futuro de la naturaleza humana (“trans-humanismo”) si se realiza la simbiosis o mejor dicho la síntesis nano-bio. Por ello se plantea las muy pertinentes preguntas: ¿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 hoy a escala mundial y en palabras de Shand y Wetter: *“De continuar la actual tendencia, la nanotecnología aumentará el abismo entre ricos y pobres y consolidará el poder económico de las compañías multinacionales.”*²⁶

Riesgos y precauciones

No existen regulaciones y normas aplicables al mundo de la nanomateria. El primer y tímido paso que se ha dado en la UE es la directiva relativa a los productos cosméticos (76/768 CEE) adoptada por el Parlamento Europeo y el Consejo en junio de 2009 que entrará en vigor 42 meses después (¡sic!) para el conjunto de productos y 36 meses (¡resic!) para los productos que contengan nanomateriales, pero la información de la toxicidad seguirá estando en manos de los industriales como ha señalado el Comité científico de riesgos sanitarios emergentes y nuevos en *Risk Assessment of Products of Nanotechnologies*, dirección General de Salud y de los Consumidores, Comisión Europea, 2009.

El motivo de esta ausencia la explicaron Shand y Wetter (2006): *“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.”*²⁷

Por tanto, pese a las posiciones interesadas en insistir y convencernos en que REACH pensado para las sustancias químicas es el reglamento de aplicación a las *nano*, solo cabe responder con la explicación arriba realizada: la propia naturaleza de los nanomateriales con propiedades y efectos distintos a los materiales originarios impide la aplicación de las normas sobre sustancias químicas redactadas para el mundo micro y meso y no para el nano. Por ello no es aceptable que los nanomateriales y nanoproduitos entren en los supuestos de exenciones de registro de los Anexos IV y V y no se les puede aplicar la norma de las 10 TM.

Si en la nanoescala aparecen propiedades nuevas, ¿cómo puede defenderse que no hace falta una regulación específica? Mientras no

exista un "NANO-REACH" como reglamento específico y con responsabilidades explícitas para los fabricantes, hay que aplicar el principio preventivo "*no data, no market*".

Desde las corporaciones se aduce que la Responsabilidad Social de las Empresas bastaría para autoregular la producción nano. Nada más lejos de la realidad bajo el desregulado neoliberalismo. El argumento no vale ni para quien está expuesto en la producción ni quien lo está al consumir. La Organización de Consumidores y Usuarios de la UE ha sido contundente: "*Los códigos de conducta voluntarios, no son la solución en un área tan controvertida y sensible. La falta de ambición que se esconde tras estas medidas son patentes*". Tras la crisis financiera de los mercados desregulados y dueños del mundo no cabe ninguna confianza en el buen hacer sin norma ni control de los intereses privados minoritarios cuando lo que está en juego son los intereses públicos de la mayoría social.

No existe inversión en seguridad ni en evaluación de riesgos laborables, ambientales o sociales, ni se han realizado estudios del ciclo de vida de los productos nano. 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.²⁸ Solo un dólar de cada 300 invertidos se destina a investigar los riesgos de las nanotecnologías. Javier Echeverría del Instituto de Filosofía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) propone dedicar obligatoriamente el 5% de los proyectos de I+D públicos a estudios de impacto, evaluación de riesgos, investigación toxicológica. Por su parte la Confederación Europea de Sindicatos (CES) propone el 8%. Sea cual sea la cifra óptima cabe concluir que hace falta incrementar la investigación sobre seguridad, toxicidad, riesgos ambientales, efectos sobre la salud, problemas éticos e impactos sociopolíticos de las nanotecnologías.

Ante el ninguneo de los riesgos por parte de corporaciones y administraciones una coalición internacional de 44 organizaciones sindicales, ambientales y de defensa de la salud pública y partidarias de la necesidad de normativas públicas -incluidas la UITA, CSI y la AFL-CIO, BCTGM y United Steelworkers de EEUU- ha hecho un llamamiento en pro de una regulación amplia y enérgica en todos los niveles de la nanotecnología y sus productos. La tecnología, dice la coalición, impone riesgos específicos que requieren regulación específica, transparencia y la participación de la sociedad en las decisiones. Asimismo la UITA ha adoptado en marzo de 2007 una importante resolución que pretende movilizar a las organizaciones afiliadas para debatir con el resto de la sociedad y los gobiernos las posibles consecuencias y 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 regulador internacional específicamente diseñado para analizar esos productos.

Una cuestión democrática central

En 1962 el economista Ernest Mandel afirmó en referencia a la liberación de la energía nuclear y los avances de la electrónica *"...la tercera revolución industrial puede conducir a la abundancia o a la destrucción de las libertades, de la civilización y de la humanidad"*.²⁹ Treinta años más tarde los científicos Farmer y Aletta en referencia a las *nano* afirmaron que su *"... impacto sobre la humanidad y la biosfera podría ser enorme, mayor que el de la revolución industrial, las armas nucleares o la contaminación del medio ambiente"*.³⁰ El dilema ante las *nano* es aún más radical y complejo que los anteriores -a los que se suma- y una vez más se enfrenta la lógica a largo plazo de la ecología y las personas con la cortoplacista del valor de las acciones.

La naturaleza de la nanociencia abre importantes interrogantes sobre los límites éticos a la investigación y, a su vez, la experiencia respecto a las consecuencias de las aplicaciones de la ciencia y la técnica bajo el capitalismo tardío nos obliga a una aplicación decidida y consecuente del principio de precaución. Lo razonable, afirma Jorge Riechmann,³¹ sería avanzar con cautela y *"...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. Una de las formulaciones más sencillas del principio de precaución reza: la incertidumbre científica no debe ser motivo para eludir acciones preventivas"*.

Actualmente los actores del escaso debate son científicos y empresarios. La importancia y alcance del tema exige un debate público y colectivo sobre el mundo nano porque están en juego transformaciones radicales en los sistemas sociales y económicos y más adelante la redefinición misma de la condición humana. Las cuestiones relevantes son: ¿Qué bienes satisfacen las necesidades humanas? ¿Qué cambios tecnológicos mejoran la vida de las personas? ¿A qué se deben dedicar hoy los recursos y la inventiva humana? Por ello siguen vigentes las grandes preguntas clásicas sobre la deliberación y la participación social en los procesos democráticos de decisión: ¿Qué hacer? ¿Quién participa? ¿Cómo se opta? ¿A quién sirve la conclusión?

La cuestión ahora, como siempre, no es fundamentalmente técnica o económica, es política, por lo que es útil la reflexión de Mandel³²: *"Para evitar lo peor, es preciso someter su empleo a la dirección consciente de los hombres"*. En definitiva, un problema de democracia que en palabras de Daniel Bensaïd³³ solo se materializará si se logra *"movilizar la fuerza social capaz de conjurar los peligros, acabar con la dictadura de los mercados y lograr la subordinación de la lógica económica al imperativo social"*.

¹ Shand, Hope y Wetter, Kathy Jo "La ciencia en miniatura: una introducción a la nanotecnología", en Worldwatch Institute: *La situación del mundo 2006*, Icaria, Barcelona 2006, p. 163.

² Para un mejor conocimiento de estas cuestiones puede consultarse Porrit, J. (2003): *Actuar con prudencia: ciencia y medio ambiente*, Blume, Barcelona .

³ La envergadura de los problemas éticos en relación con la ciencia y la técnica es grande, puede consultarse: Engelhardt, H.T., *Los fundamentos de la bioética*, Paidós, Barcelona, 1995. En el caso de las *nano* puede consultarse UNESCO, *The ethics and politics of nanotechnology*, Paris, 2006

⁴ Royal Society and Royal Academy of Engineering, 2004, *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*, London, www.nanotec.org.uk/finalReport.htm

⁵ Cremades, Ana (2008) "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. www.istas.ccoo.es

⁶ Cremades, Ana. (2008) "Una nueva ciencia" en *Daphnia*, núm. 46, Verano 2008.

⁷ La doctora Dehmer es miembro de la Office of Basic Sciences del Departamento de Energía de EE UU (US Senate, Roundtable on Health Technology, 23 de septiembre de 2003) y el texto es citado por Jorge Riechmann en "Nanomundos, multiconflictos" en *Daphnia*, núm. 46, Verano 2008. Madrid

⁸ Cózar de, José Manuel. "Nanotecnologías: promesas dudosas y control social", en *Revista de la OEI*, núm. 6, mayo-agosto de 2003.

⁹ Berger, M., *Debunking the trillion dollar nanotechnology market size hype*, Nonowork, 2007, www.nanowork.com/spotlight/spotid=1792.php

¹⁰ Lux Resaerch Inc. es una de las consultoras de referencia en Europa y EE UU en los estudios de mercados que ha elaborado indicadores ad-hoc para el seguimiento del negocio de las nanotecnologías. En el presente trabajo se aportan datos obtenidos de los *The Nanotech Report. Investment Overview and Market Research for Nanotechnology* que periódicamente publica y los de 2008 de *Nanomaterials State of the Market Q3 2008: Stealth Succes, Broad Impact*.

¹¹ Serena Domingo, Pedro Amalio: "Nanociencia y nanotecnología: aspectos generales", *Encuentros multidisciplinares* 12, UAM, Madrid, septiembre-diciembre 2002, p. 8.

¹² Foladori, Guillermo. "La influencia militar estadounidense en la investigación de las nanotecnologías en América Latina", en *Rebelión*, 8 de noviembre de 2006. Ver: www.rebellion.org

¹³ Mandel, E. (1972). *El capitalismo tardío*. Ediciones Era SA, México DF, 1979

¹⁴ Marx, Karl (borrador 1857-1858). *Elementos fundamentales para la crítica de la economía política*. 2 Vol. Siglo XXI. Madrid, 1972.

¹⁵ Datos aportados por Guillermo Foladori en la entrevista "La nanotecnología ya está aquí y puede cambiar radicalmente el mundo" en *SIREL* 1.273, 2 de junio de 2006. Se puede encontrar en www.reluita.org

¹⁶ Stiglitz, Joseph E. (2003) *Los felices 90*. Taurus, Madrid, 2003

¹⁷ Científica Ltd 2008, *Nanotechnology Opportunity Report-3rd edition*, Executive Summary, www.cientifica.eu y Científica LTd 209, *Nanotechnology takes a deep breath... and prepares to save the world*, 20/05, www.cientifica.eu

¹⁸ Torres Cebada, Tomás. "Nanoquímica y nanotecnología", *Encuentros multidisciplinares* 12, UAM, Madrid, septiembre-diciembre 2002, p. 20. El autor afirmó premonitoriamente "...todo este desarrollo (de las nano) 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".

¹⁹ <http://cenamps.blogspot.com/2006/11/nanotechnology-consumer-product.html>. Para más información véase www.nanotechproject.org.

²⁰ UNESCO: *The ethics and politics of nanotechnology*, París 2006, p. 12.

²¹ UNEP GEO YEARBOOK 2007. Entre las proyecciones existentes para el caso español véase el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011.

²² Drexler, K. Eric (1992). "Introducción a la nanotecnología" en Krummenacker, M. y Lewis, J. (coords.). *Prospects in Nanotechnology, Toward Molecular Manufacturing*. Wiley, Nueva York. 1992. p. 21.

²³ Para conocer mejor la relación actividad productiva/naturaleza, véase Blount, E.; Clarimón, L.; Cortés, A.; Riechmann, J.; Roamno, D. (coords), *Industria como naturaleza. Hacia la producción limpia*, Los Libros de la Catarata, Madrid, 2003.

²⁴ El informe no detalla cuantos puestos de trabajo serán de nueva creación o no; pero lo relevante es el número de personas expuestas laboralmente. Para el caso europeo se puede consultar Hullmann, A. *The economic development of nanotechnology: An indicator based analysis*, Comisión Europea, Dirección General de Investigación, 2006.

²⁵ Ver sus aportaciones en *Nanotecnología, sociedade e meio ambiente*, Xamá, Sao Paulo, 2006; "Nanotecnología y sociedad: un desafío para todos" en *Daphnia* núm 46, Verano 2008 y en las ponencias "Impactos sobre países y sectores económicos" y en "Riesgos y beneficios para la salud humana", en el curso "Nanotecnologías: sociedad, salud y medio ambiente", Facultad de CC. Químicas de la UCM, 3 al 5 de marzo de 2008. www.istas.ccoo.es

²⁶ Shand, Hope y Wetter, Kathy Jo. op. Cit. p. 166.

²⁷ Shand, Hope y Wetter, Kathy Jo, o.p. cit, , p. 188.

²⁸ Véase "Nanodollars", *New Scientist*, 25 de febrero de 2006; y "Nano safety call", *New Scientist*, 11 de febrero de 2006.

²⁹ Mandel, Ernest (1962). *Tratado de Economía marxista*, Ediciones Era, México DF, 1969, Tomo II, p. 215.

³⁰ Farmer, J. Doyne y Aletta, d´A. Belin (1992), "Vida artificial: la evolución futura" en *Artificial Life II*, Santa Fe Institute of Studies in the Science of Complexity, vol. X, Addison-Wesley, Redwood City, 1992, p. 815

³¹ Ver sus contribuciones en "Nanotecnologías: para ir avanzando en nuestra reflexión" en el curso "Nanotecnologías: sociedad, salud y medio ambiente", Facultad de CC. Químicas de la UCM, 3 al 5 de marzo de 2008, www.istas.ccoo.es y "Nanomundos, multiconflictos" en *Daphnia* núm 46, Verano 2008.

³² Mandel, Ernest (1962). *Tratado de Economía marxista*, Ediciones Era, México DF, 1969, Tomo II

³³ Bensaïd, D. *Cambiar el mundo* , Los libros de la Catarata, Madrid, 2004.